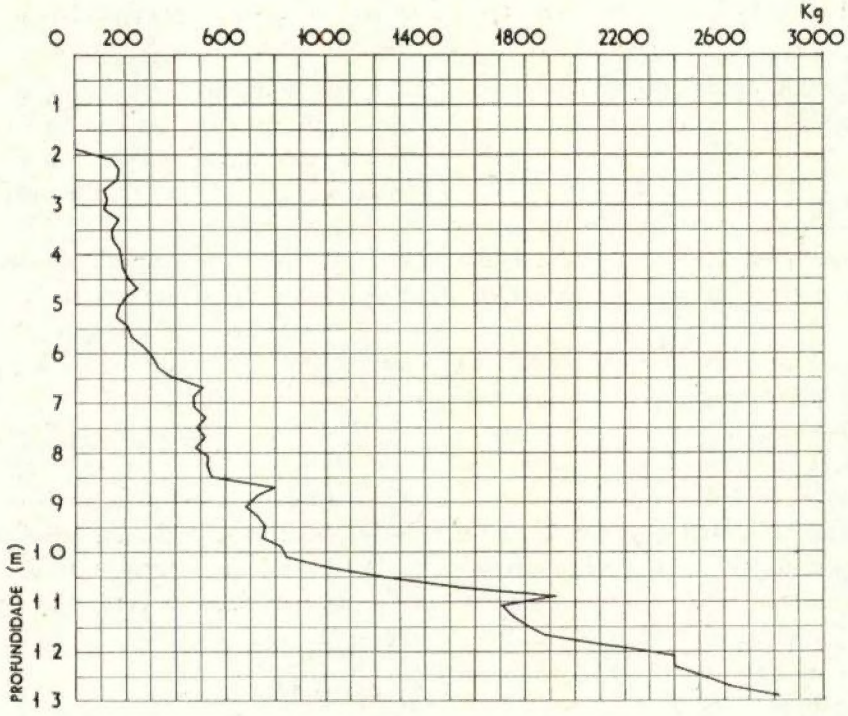


Fig. 6 — Destilaria na Vala do Carregado
Ensaios Estáticos de Penetração em Profundidade. — Resistência por atrito lateral

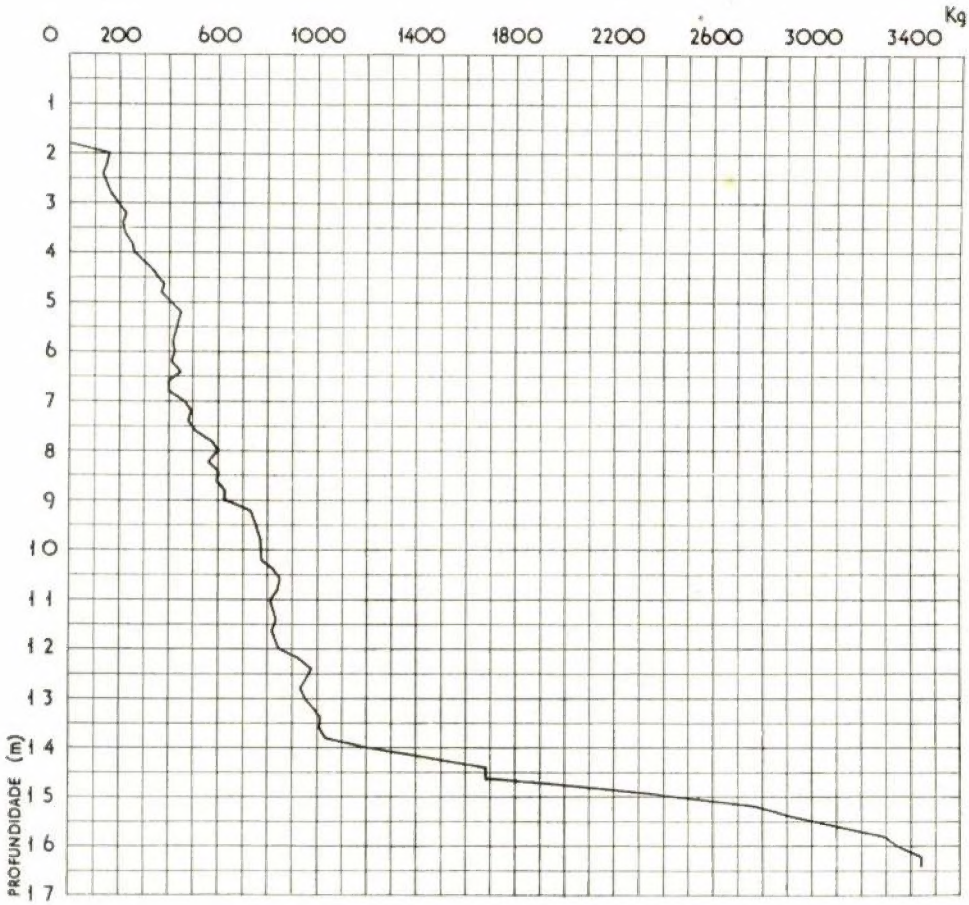


Fig. 6 — Destilaria na Vala do Carregado
Ensaios Estáticos de Penetração em Profundidade — Resistência por atrito lateral

sobre as estacas, a fim de determinar com maior rigor a carga a adoptar.

Ensaio n.º 1

Foram cravadas 4 estacas dispostas nos vértices dum quadrado com 0,65 m de lado. Todas as estacas tinham um comprimento de 6 metros, com um diâmetro médio de 17,5 cm.

A nega final obtida com um pilão de 750 kg caindo da altura de 90 cm, foi de 8 cm por pancada, em todas as estacas.

Sobre as cabeças das 4 estacas dispõe-se um estrado que se foi carregando com areia.

Os afundamentos das estacas foram medidos por meio dum nível topográfico, verificando-se a descida de cada uma delas, de modo a obterem-se os 4 gráficos de carga respectivos (Fig. 7).

A partir da carga total de 12.140 kg, corres-correspondente, portanto, a 3.035 kg por estaca, a estrutura começou a inclinar-se para o lado das estacas n.os 21 e 58.

Deste momento em diante os resultados são pouco precisos por não ser já uniforme a distribuição das cargas sobre as 4 estacas o que, no entanto, não afecta grandemente as conclusões a tirar do ensaio.

De acordo com o resultado deste ensaio admitiu-se para as estacas uma carga de rotura de 3.500 kg, a que corresponde uma tensão média de rotura por mobilização do atrito lateral de

$$t = \frac{3.500}{3,14 \times 17,5 \times 600} = 0,107 \text{ kg/cm}^2$$

valor este cerca de 40 % mais elevado do que o valor médio registado nos ensaios de penetração.

Adoptando um coeficiente de segurança igual a 2, a capacidade de carga das estacas foi fixada em 1.750 kg.

Ensaio n.º 2

Este ensaio foi conduzido do mesmo modo que o anterior. A carga máxima a que foi levado

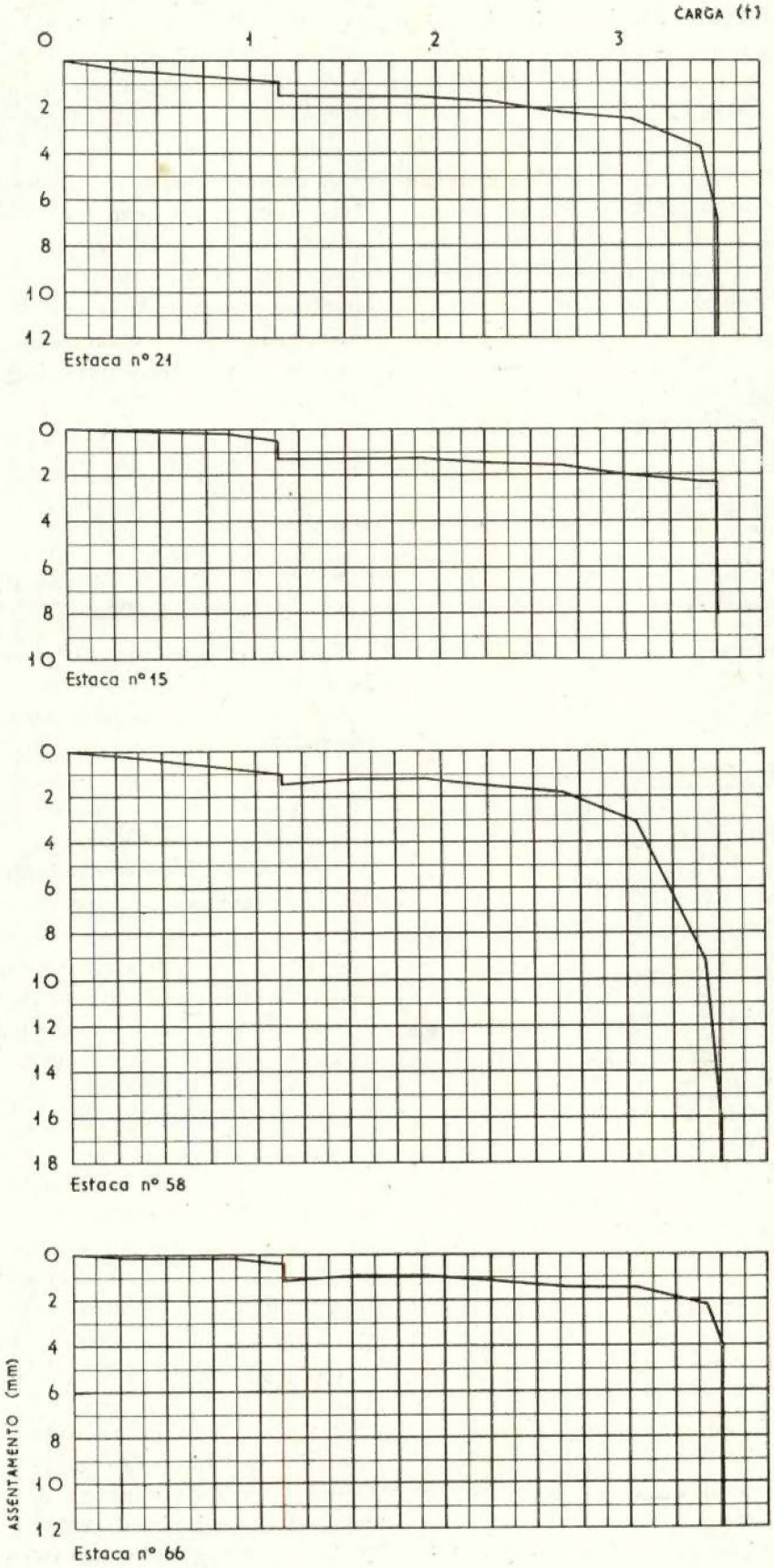


Fig. 7 — Destilaria na Vala do Carregado — Ensaio n.º 1 de Carga de Estacas

corresponde apenas à carga de serviço das estacas, porque se pretendeu verificar o comportamento elástico do terreno para a carga a que estas iriam ficar sujeitas.

Como se vê nos gráficos que se apresentam na Fig. 8 os assentamentos registados nas 4 estacas, para a carga de 1.750 kg por estaca, variam entre 13 e 16 mm, valores estes atingidos depois daquela carga permanecer sobre as estacas durante 5 dias.

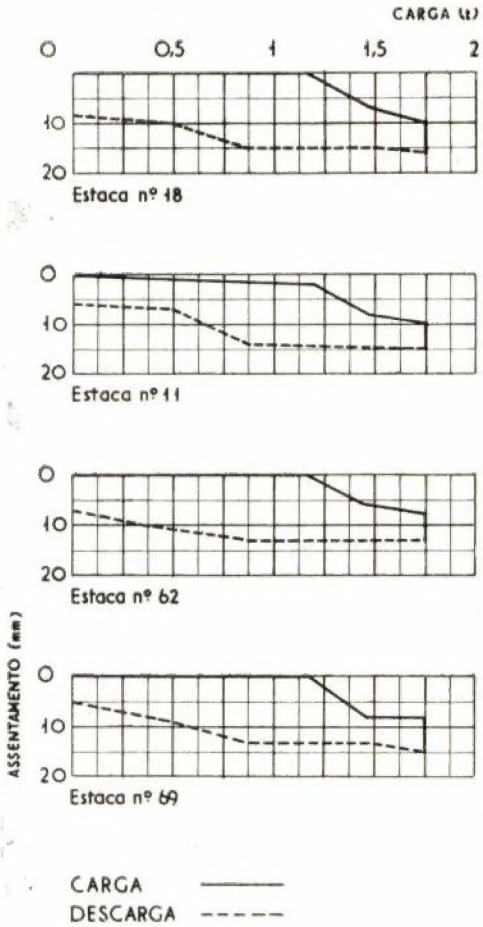


Fig. 8 — Destilaria na Vala do Carregado
Ensaio n.º 2 de Carga de Estacas

Os assentamentos residuais, medidos imediatamente após a carga das estacas, variam de 5 a 8 mm.

Apesar do ensaio n.º 1 ter sido levado a efeito sobre 4 estacas, número que se pode considerar suficiente para fixação da carga de serviço a adoptar, teria havido interesse em conduzir o ensaio n.º 2 até à carga correspondente a 1,5 vezes a carga de serviço, como é normal fazer-se.

Com efeito, o coeficiente de segurança tomado para esta obra é mais baixo do que o adoptado correntemente — 2,5 a 3 —, o que tornaria aconselhável a levar-se mais longe o ensaio sobre o segundo grupo de 4 estacas.

A urgência que havia em se lançar os trabalhos, sempre premente por parte de quem os manda realizar, não permitiu a continuação da carga das estacas até 1,5 vezes a capacidade admitida, o que, todavia, não foi julgado imprudente, dada a concordância dos assentamentos registados nos dois ensaios, para a carga de serviço.

O comportamento das fundações, executadas em 1949, tem sido bom, não se registando assentamentos diferenciais que tenham afectado a superstrutura.

EXEMPLO II — FUNDAÇÕES DUMA PONTE-CAIS, NA PÓVOA DE SANTA IRIA

Para serviço das suas instalações na Póvoa de Santa Iria, possui a Companhia Industrial Portuguesa uma ponte-cais de betão armado. Nessa ponte-cais está montada a estrutura dum transportador aéreo, por meio do qual é feita a descarga das fragatas e transporte dos produtos até ao silo de carga de vagonetas.

Para substituir aquele conjunto, que se mostra deficiente por várias razões, entre as quais o enorme assentamento sofrido pela ponte-cais, está em construção uma nova obra acostável, cuja testa atingirá fundos mais baixos, como se vê na planta representada na Fig. 9.

Na Fig. 9 vê-se que a ponte-cais está dividida por uma junta de dilatação.

Esta junta separa, também, duas fases da construção em curso.

A primeira fase está concluída, procedendo-se actualmente à construção da segunda fase que se estende desde a junta de dilatação até à testa da ponte. Esta 2.ª fase tem de ser levada a efeito durante um período marcado antecipadamente para suspensão do serviço da ponte-cais antiga.

a) Prospecção inicial

Para elaboração do projecto da nova ponte-cais, tipo de obra cuja concepção depende fundamentalmente da natureza do terreno, foram executados, em Junho de 1954, 3 furos de sonda S1, S2 e S3, localizados nos pontos indicados na planta de conjunto da obra (Fig. 9).

Os resultados daqueles furos permitiram estabelecer o corte geológico que se indica no desenho representativo da estrutura da ponte-cais (Fig. 10).

Por ele se vê que, sob uma camada de aterro e lodo com cerca de 2 metros de espessura, se encontra uma camada de lodos, mais ou menos moles e plásticos, com uma possança variando entre 22 e 26 metros.

Sob aquela última camada situa-se um estrato de areias com conchas e godo, com cerca de 1 a 2 metros de espessura. Por baixo desse estrato estão argilas arenosas, areias argilosas e grés finos argilosos e pouco consolidados, que constituem o «bed-rock».

Na zona abrangida pela construção o «bed-rock», encontra-se, portanto, a profundidades que variam, em relação ao nível do tabuleiro da ponte-cais, entre os 30 e 40 metros.

Tratando-se da construção duma ponte-cais sujeita a pequenas sobrecargas e ocupando uma área relativamente reduzida, encarou-se a hipótese de estabelecer as fundações nas aluviões lodosas para as não levar até ao «bed-rock», o que conduziria a um custo elevado da obra.

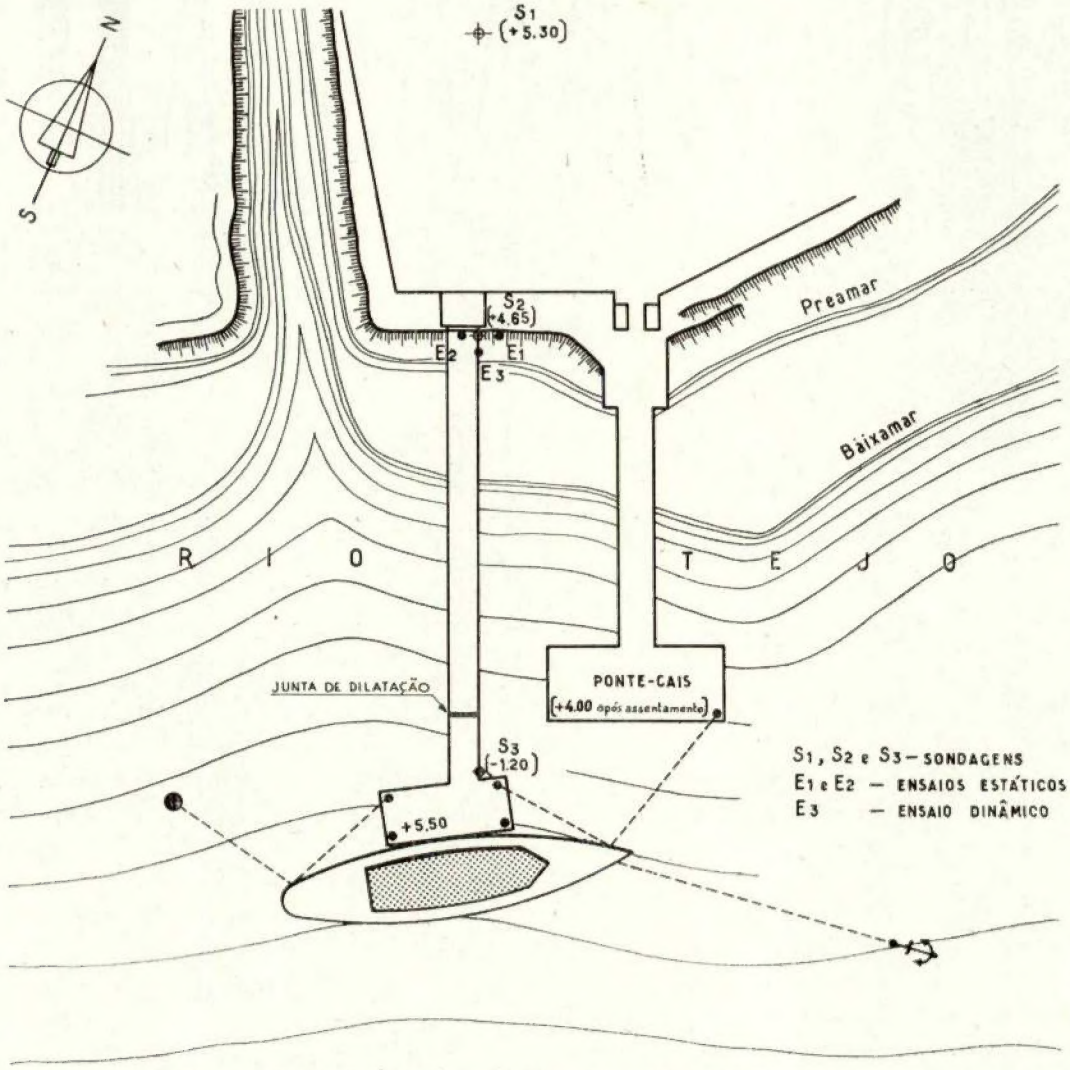


Fig. 9 — Ponte-Cais na Póvoa de Santa Iria — Planta de localização

b) Prospecção complementar

Para estabelecer a capacidade de carga das estacas foram realizados 2 ensaios de penetração estática e 1 ensaio de penetração dinâmica (com ponta perdida). Este último foi conduzido com o equipamento descrito na lição sobre «Prospecção e Amostragem» do Curso de Mecânica dos Solos, editado em 1955 pela Ordem dos

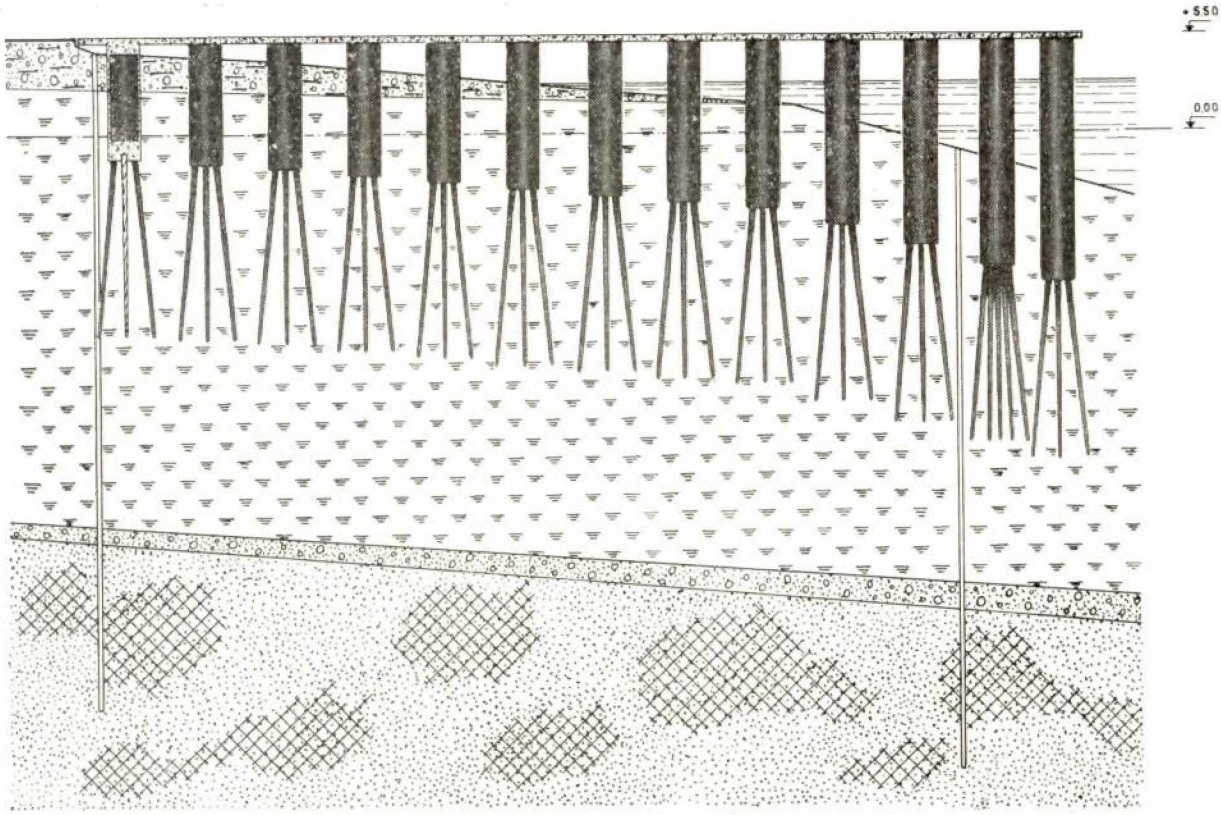


Fig. 10 — Ponte-cais na Póvoa de Santa Iria — Corte

Engenheiros, e representado nas Fig. 16 e 17 dessa lição.

Na Fig. 11 estão representados os gráficos das resistências totais à penetração registadas nos 2 ensaios estáticos levados a efeito junto da sondagem n.º 2.

O ensaio n.º 1 foi interrompido quando a penetração atingia os 20 m de profundidade. Continuado no dia seguinte, registou-se um aumento considerável da resistência total à penetração (cerca do dobro da resistência registada antes da interrupção). Logo a seguir esta resistência diminuiu mantendo-se pràticamente constante até aos 24 metros de profundidade, onde a curva do gráfico retomou o andamento normal.

Este fenómeno de aumento de resistência à penetração, verificado após uma interrupção da mesma, é muito conhecido, no que respeita às estacas cravadas em terrenos coesivos.

O ensaio n.º 2 foi conduzido até aos 23 m sem interrupção e a sua curva representativa apresenta um andamento normal.

Em ambos os ensaios não foi possível registar as resistências de ponta pois que, ao fazer a penetração do tubo, a haste interior que termina na ponta cónica, nunca aflorou no topo daquele tubo não permitindo assim a aplicação da força que mediria a resistência de ponta. Podemos admitir que este facto se verificou por serem nulas ou quase as resistências de ponta, afundando-se a haste por acção do peso próprio.

A partir dos resultados dos ensaios obtêm-se as seguintes tensões médias de rotura por mobilização do atrito lateral:

Do ensaio n.º 1

de 4 a 20 m de profudidade

$$t_1 = \frac{1660}{(2000-400) \times 11} = 0{,}095 \text{ kg/cm}^2$$

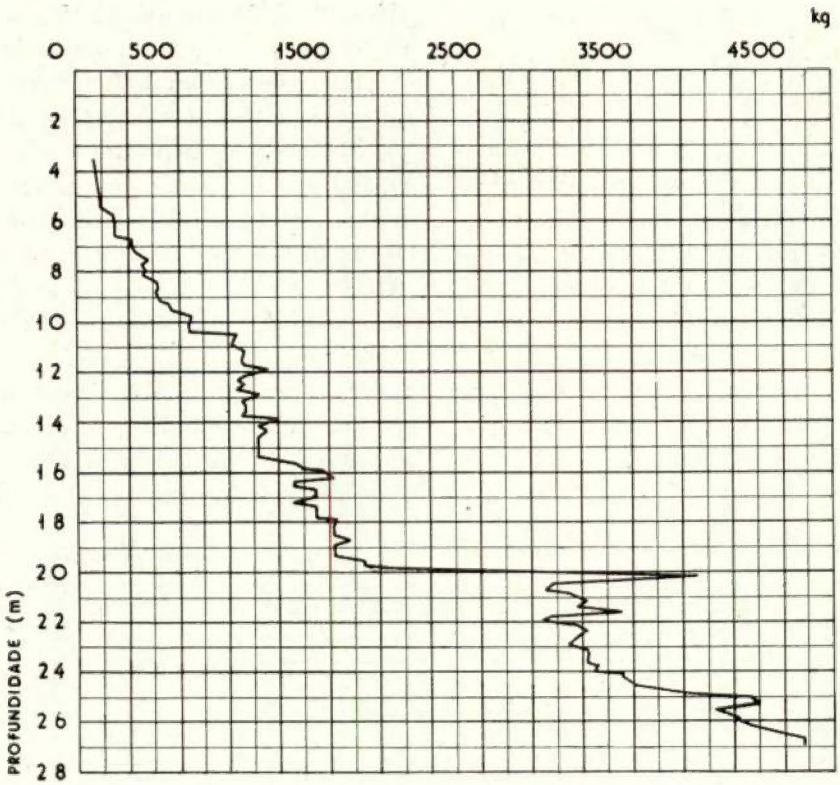
Do ensaio n.º 2

de 4 a 10 m

$$t'_1 = \frac{355}{(1000-400) \times 11} = 0{,}054 \text{ kg/cm}^2$$

de 10 a 18 m

$$t'_2 = \frac{1500 - 500}{(1800-1000) \times 11} = 0{,}104 \text{ kg/cm}^2$$



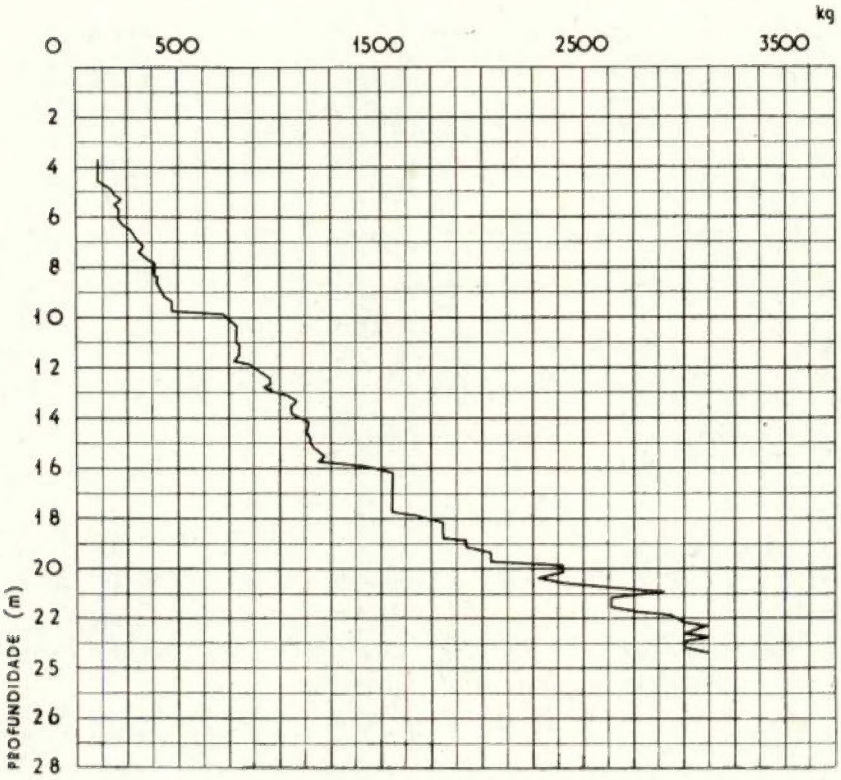


Fig. 11 — Ponte-Cais na Póvoa de Santa Iria
Ensaios estáticos de Penetração em Profundidade — Resistência total

de 18 a 22 m

$$t'_3 = \frac{3000 - 1500}{(2200-1800) \times 11} = 0{,}340 \text{ kg/cm}^2$$

Na Fig. 12 está indicado o gráfico representativo do ensaio de penetração dinâmica. Mostram-se, em ordenadas, as profundidades, e, em abcissas, o número de pancadas dadas com um pilão com 63,4 kg de peso para se obter a penetração da parte cónica com 20 cm² de área de base, num comprimento de 30 cm.

O resultado deste ensaio dá-nos ideia do aumento de compacidade dos lodos com a profundidade, aumento que resulta da consolidação dos lodos sob o seu peso próprio.

resultados dos ensaios estáticos e dos ensaios de carga que viessem a fazer-se sobre as estacas.

Tratando-se, com efeito, dum ensaio de realização simples e económica, geralmente adoptado para o reconhecimento da profundidade a que se encontra o «bed-rock» ou os estratos mais compactos, pretendemos obter com ele, também, dados comparativos sobre a compacidade de formações brandas, tal como se faz com o ensaio normalizado, executado na base dos furos de sonda.

De facto, verifica-se, pela comparação do gráfico do ensaio dinâmico (Fig. 12), que a um aumento de resistência à penetração dinâmica (medido pelo número de pancadas N) corres-

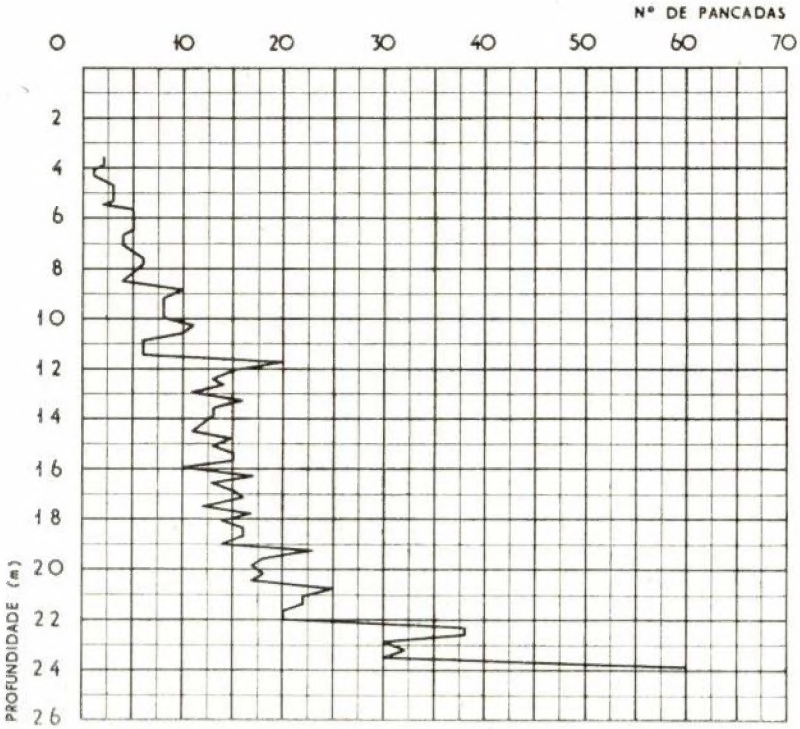


Fig. 12 — Ponte-Cais na Póvoa de Santa Iria
Ensaio Dinâmico de Penetração (com ponta perdida)

O número de pancadas que caracteriza o resultado deste ensaio não tem relação directa com o número de pancadas correspondente ao ensaio normalizado de penetração dinâmica, ensaio que deveria ter sido realizado durante a execução dos furos de sonda, como presentemente fazemos sempre.

A realização do ensaio dinâmico foi levada a efeito pelo interesse que temos em estabelecer comparação entre os resultados deste ensaio e os

ponde um aumento de tensão de rotura por mobilização do atrito lateral entre o tubo do penetrómetro e o terreno. Não podemos, porém, estabelecer ainda qualquer espécie de relações quantitativas.

c) Projecto da ponte-cais; capacidade de carga atribuída às estacas

Na Fig. 10 está representada esquemàticamente a estrutura adoptada para a ponte-cais.

Compreende um tabuleiro de betão armado com 30 cm de espessura, que se apoia sobre cilindros de betão com diâmetro exterior de 1,90 metros, e parede com 15 cm de espessura.

Os cilindros são cravados no terreno por «havage», até 6 metros de profundidade, apoiando-se, a esta profundidade, sobre 7 estacas de madeira, com 12 metros de comprimento, cravadas no seu interior. Destas estacas uma fica a eixo com o cilindro e é, portanto, vertical. As restantes 6, distribuídas perifèricamente, são inclinadas a 10º.

As pontas das estacas ficam, assim, 18 metros abaixo do nível superior do terreno.

Nestas condições a massa de aluviões lodosas sujeita a assentamentos situa-se abaixo da profundidade dos 14 metros, profundidade a que os lodos apresentam maior compacidade.

Frizamos ainda que a tensão que se transmite a esses lodos, por intermédio do bolbo interessado na resistência das estacas, é muito pequena comparada com a tensão neles instalada devido à actuação do peso próprio das camadas suprajacentes.

A carga máxima sobre cada estaca foi calculada, no projecto, em 5 t. Para esta carga a tensão média devida à resistência por mobilização do atrito lateral, para as estacas com diâmetro médio de 20 cm e penetrando 12,0 m nos lodos, será, pois,

$$t = \frac{5000 \text{ kg}}{3{,}14 \times 20 \times 1200} = 0{,}067 \text{ kg/cm}^2$$

Admitindo que, de acordo com os valores deduzidos dos ensaios estáticos de penetração para os lodos entre os 6 e 18 metros de profundidade, a tensão de rotura por mobilização do atrito lateral é de 0,1 kg/cm², o coeficiente de segurança seria, apenas, de ≃ 1,5, valor considerado baixo.

d) Ensaios de carga das estacas.

Depois de cravadas as estacas no fundo dos cilindros fizeram-se ensaios de carga directa, levados até à carga de 10 t, e realizados por meio de macaco hidráulico actuando sobre uma prolonga metálica aplicada na cabeça das estacas. Desta forma todas as operações se faziam à superfície, havendo apenas que efectuar, no fundo do cilindro, a adaptação da prolonga à cabeça da estaca na direcção do seu eixo.

Os resultados dos 5 ensaios levados a efeito estão indicados na Fig. 13. Em 3 das estacas foram registados assentamentos muito pequenos, da ordem dos 2 mm, verificando-se em 2 delas assentamentos maiores, respectivamente de 6 e 7 mm. O assentamento residual foi nulo, em 4 estacas, e igual a 4 mm na estaca que apresentou a deformação de 7 mm sob a acção da carga de 10 t.

Esta última carga foi mantida durante períodos que variaram de 2 a 5 horas.

Para a carga de 10 t a tensão média devida à resistência por mobilização do atrito lateral é:

$$t = \frac{10\,000}{3{,}14 \times 20 \times 1200} = 0{,}134 \text{ kg/cm}^2$$

valor este cerca de 40 % mais elevado do que o valor anteriormente deduzido a partir dos ensaios estáticos de penetração para a tensão de rotura por mobilização do atrito lateral.

Verificado, assim, que o coeficiente de segurança em relação à rotura por atrito lateral é superior a 2, deu-se execução à obra, mantendo-se, para apoio dos pilares, as 7 estacas com 12 metros de comprimento.

e) Negas obtidas durante a cravação das estacas.

Por nos parecer de interesse, dada a aplicação errada que muitas vezes se dá às fórmulas dinâmicas de cravação, apresentamos a seguir as negas obtidas durante a cravação das estacas ensaiadas, por pancada do pilão de 1500 kg, caindo da altura de 1 metro, pesando cada estaca cerca de 250 kg:

Estaca	n.º 3	do	cilindro	n.º	7 — 15,5	cm
»	» 4	»	»	»	7 — 15	»
»	» 3	»	»	»	10 — 10	»
»	» 5	»	»	»	10 — 10	»
»	» 7	»	»	»	10 — 11	»

A capacidade de carga a atribuir às estacas utilizando a fórmula dos holandeses, com o coe-

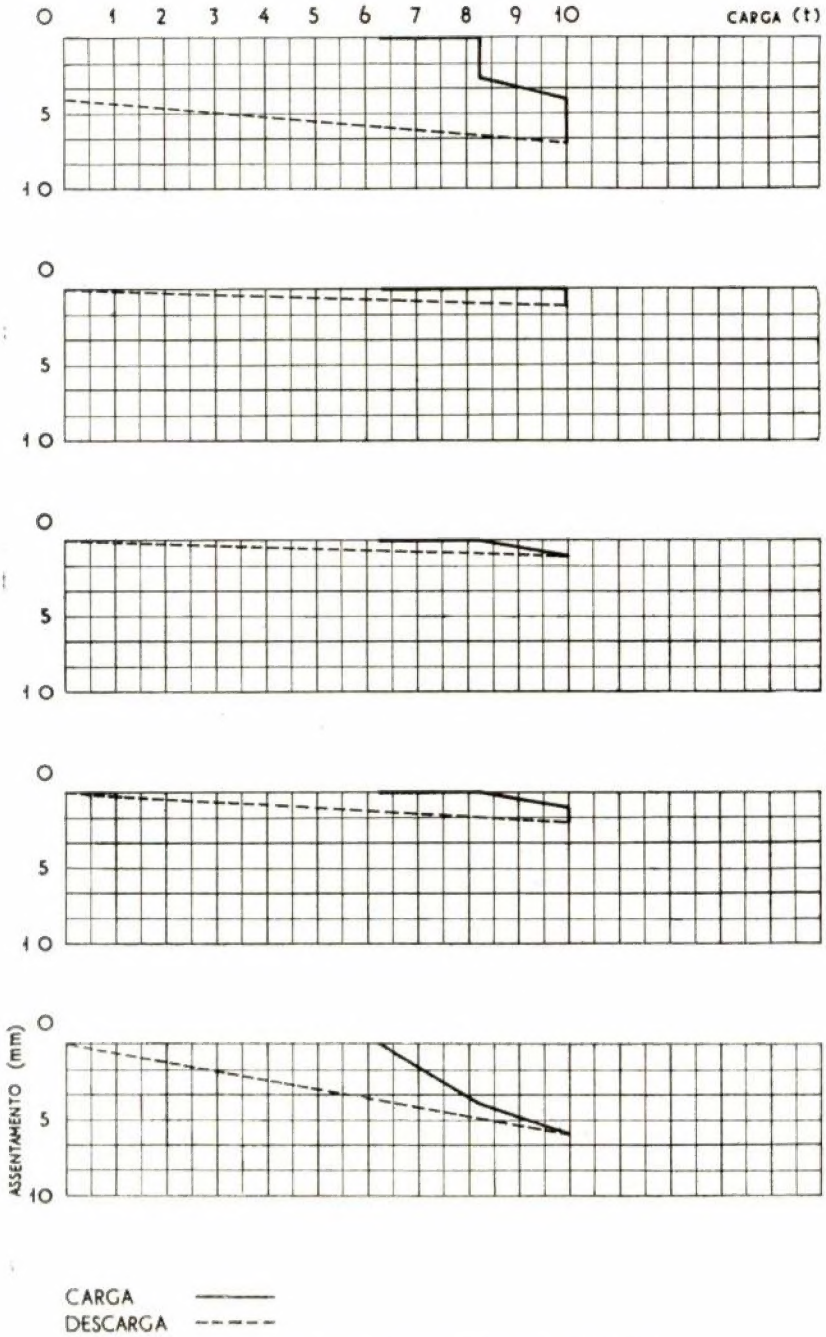


Fig. 13 — Ponte-Cais na Póvoa de Santa Iria
Ensaios de carga de estacas n.º 1, 2, 3, 5 e 6

ficiente 6, fórmula e coeficiente normalmente empregados entre nós, estaria compreendida entre 1,40 e 2,15 toneladas.

EXEMPLO III — FUNDAÇÕES DO NOVO EDIFÍCIO DA EMISSORA NACIONAL DE RADIODIFUSÃO, EM CASTANHEIRA DO RIBATEJO

Está actualmente em construção, nos terrenos que a Emissora Nacional possui em Castanheira do Ribatejo e junto ao edifício já ali existente, outro edifício, destinado à instalação de um novo emissor.

Na fig. 14 estão indicados esquemàticamente, em planta, os dois edifícios. A nova construção ocupa uma área de cerca de 360 m^2, enquanto o edifício já existente tem cerca de 600 m^2.

O novo edifício, cujo corte esquemático se apresenta na Fig. 15, dispõe de um pavimento

principal, de uma cave que abrange toda a área da construção, e de um pavimento elevado que só ocupa uma área de 100 m².

O pavimento principal está estabelecido à cota

Fig. 14 — Ensaios em Castanheira do Ribatejo — Planta de localização

do único pavimento do edifício existente, ficando ambos cerca de 1,25 m acima do nível do terreno; o da cave fica 2,20 m abaixo do pavimento principal, estando, assim, 0,95 m abaixo do nível do terreno.

a) Fundações do edifício existente

O terreno onde ficam estes edifícios situa-se em plena lezíria, na margem direita do Tejo, em local onde as sondagens realizadas quando da construção do primeiro edifício revelaram uma espessura de aluviões superior a 30 metros.

Aquelas sondagens mostraram a existência, a cerca de 8 metros de profundidade, de um estrato de areia lodosa, o qual foi aproveitado para se estabelecerem as fundações das paredes do edifício.

A transmissão das cargas àquele estrato é feita por estacas de madeira, distribuídas sob as paredes, estacas cujas pontas penetram na camada arenosa. As suas cabeças ficam abaixo do nível de saturação permanente.

Foi este o tipo de fundação adoptado, também, para a antena e os respectivos maciços de amarração, cujo comportamento tem sido excelente.

Para se estabelecer o piso elevado do edifício foi feito, porém, um aterro sobre o qual se executaram os pavimentos e se instalou todo o equipamento da instalação emissora.

O resultado foi desastroso. Não só os pavimentos e o equipamento neles instalado sofreram

grandes assentamentos, como as próprias paredes do edifício sofreram enormes deformações, fendendo em inúmeros pontos.

Ponderando-se que o peso total de aterro se deve elevar a mais de 1250 t., distribuindo aos lodos moles uma tensão superior a 0,2 kg/cm², não custa a crer que todo o mal tivesse resultado da sua execução. Sem ele as fundações do edifício deveriam ter-se comportado bem, como bem se comportaram as da antena.

b) Prospecção inicial para o novo edifício

Apesar de se dispor dos resultados das sondagens realizadas quando da construção do primeiro edifício, foi julgada conveniente a execução de mais 3 furos de sonda, localizados nos pontos indicados na Fig. 14.

Na Fig. 16 estão indicados os gráficos dos 3 furos realizados e na Fig. 15 um corte geológico passando pelos furos N.os 1 e 3; neste corte se mostra também a superestrutura do edifício e suas fundações.

O furo N.º 1 foi levado até às aluviões grosseiras, normalmente assentes no «bed-rock», o qual, no entanto, não foi atingido. Aquelas aluviões foram registadas, neste furo, à profundidade de 32 metros.

Os furos N.os 2 e 3, levados até às profundidades de 34 e 33 metros, respectivamente, não chegaram a atingir as aluviões grosseiras, mas apenas as areias que lhe ficam sobrejacentes.

Nas 3 sondagens, a profundidades da ordem dos 8 m, foi registado o estrato arenoso de que já se conhecia a existência. Este estrato apresenta-se, no entanto, com possança muito irregular e com grande percentagem de lodo.

Em todos os furos se realizaram ensaios dinâmicos de penetração, normalizados.

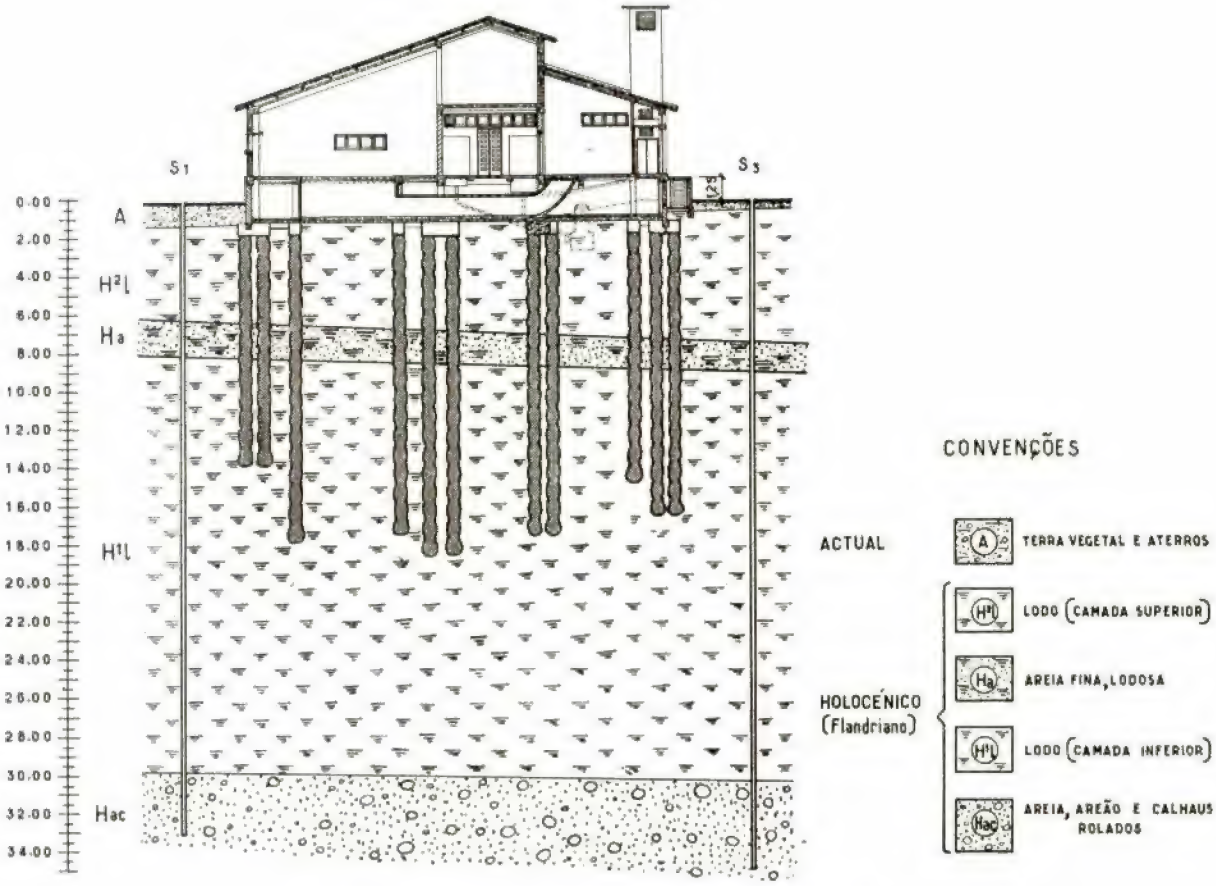


Fig. 15 — Emissor em Castanheira do Ribatejo — Corte

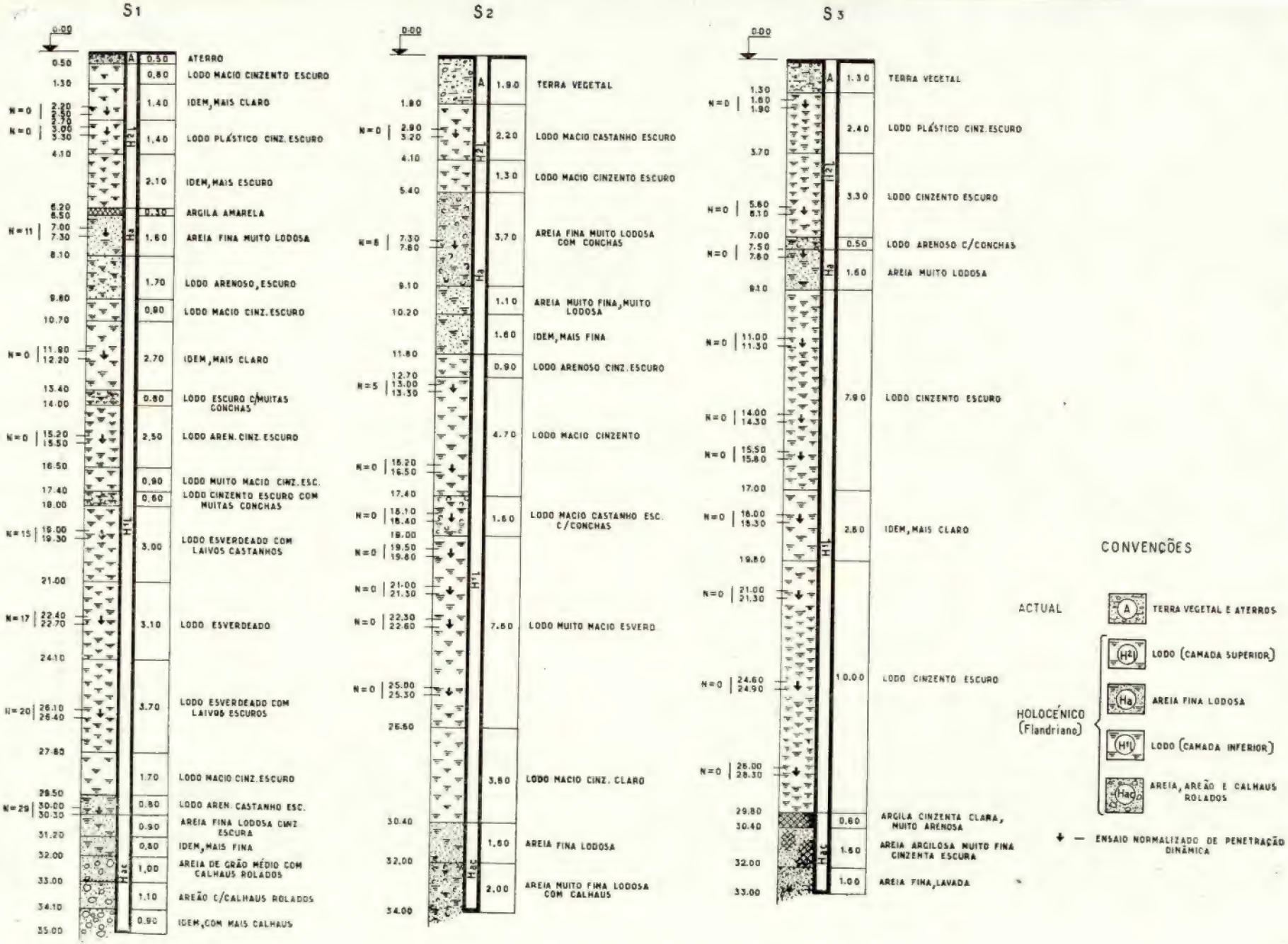


Fig. 16 — Emissor em Castanheira do Ribatejo — Gráfico de Sondagens

As indicações respeitantes às camadas onde foram realizados estes ensaios, respectivas profundidades e resultados obtidos — número de pancadas, N, necessárias para se conseguir a penetração de 30 cm — estão contidos nos gráficos das sondagens.

Nos lodos, com excepção dos que foram encontrados no furo S1 a partir de 18 metros de profundidade, os resultados obtidos são sempre de N = 0, pois a ferramenta enterrava-se pelo próprio peso, sem qualquer pancada. Os valores elevados de N, registados nos lodos do furo S1, são difícilmente explicáveis, e só mostram a grande heterogeneidade das aluviões.

No estrato arenoso registaram-se os valores de N = 11 e N = 8, nos furos n.os S1 e S2, respectivamente. No furo S3, para um ensaio realizado logo após o aparecimento da camada arenosa, foi registado o valor de N = O, valor que não oferece confiança, no entanto, para caracterização dessa camada.

Tratando-se dum edifício de pequeno volume e de cargas distribuídas por muitos elementos, foi posta de lado a solução de se levarem as fundações ao «bed-rock» pois que este, como se vê pelas sondagens, está a grande profundidade, tornando muito onerosa essa solução.

Por outro lado, o aproveitamento do estrato arenoso mostrava-se perigoso, dada a sua irregularidade e grande percentagem de lodo.

Como o edifício dispõe de uma cave foi encarada a possibilidade de executar a fundação por meio de ensoleiramento geral, estabelecido ao nível do pavimento dessa cave.

Este ensoleiramento ficaria sujeito a uma tensão da ordem de 0,4 kg/cm². Deduzindo a tensão já instalada a esse nível devido ao peso do terreno a remover, o acréscimo da tensão nos lodos seria do ordem dos 0,25 kg/cm², valor um pouco superior ao que se instalou nos lodos subjacentes ao edifício antigo, por motivo da execução do aterro. Isto, por si só, não aconselharia o estabelecimento do ensoleiramento geral ao nível indicado. Apesar disso fez-se a comparação, em estimativa, do custo desta solução e do que resultaria da adopção de estacas flutuando nos lodos moles e transmitindo as cargas aos lodos mais consolidados. Esta última solução, mais vantajosa sob o aspecto dos assentamentos a que a construção ficará sujeita, mostrou-se, também, mais favorável sob o ponto de vista económico.

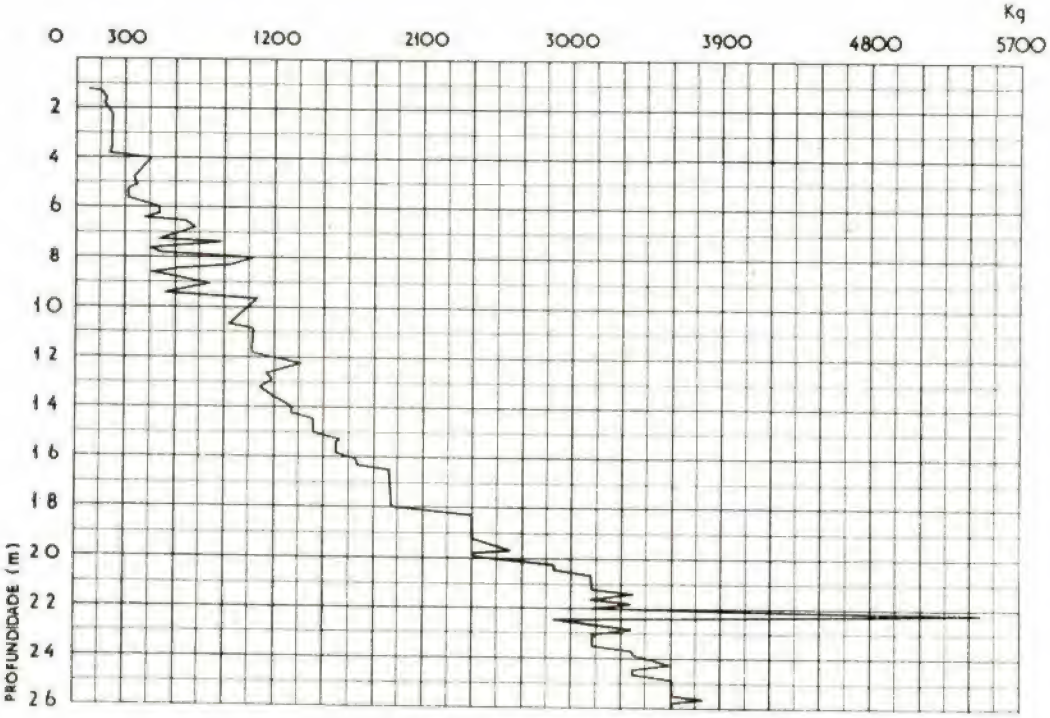


Fig. 17 — Emissor em Castanheira do Ribatejo
Ensaios estáticos de penetração em Profundidade — Resistência por atrito lateral

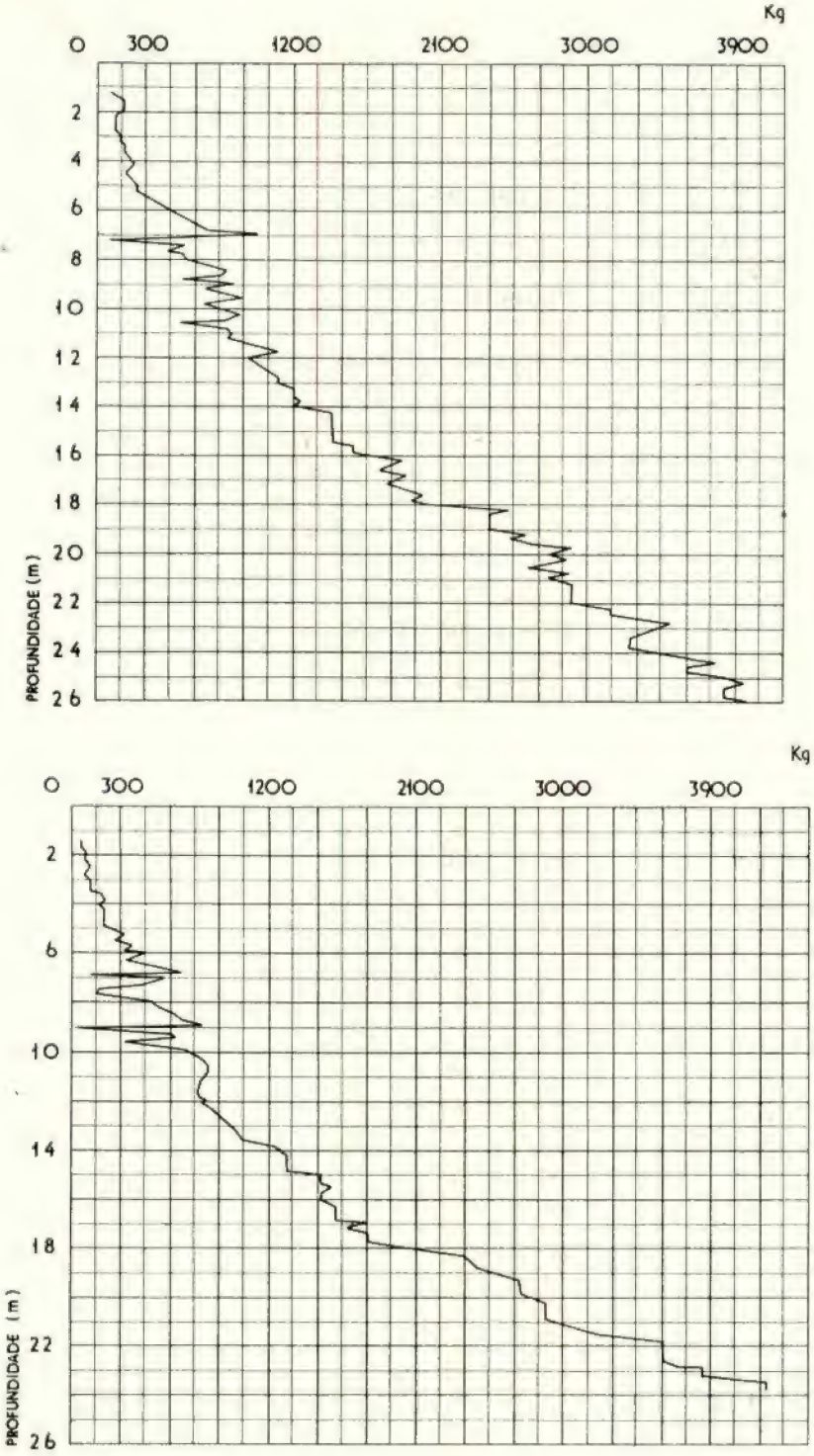


Fig. 17 — Emissor em Castanheira do Ribatejo
Ensaios estáticos de penetração em Profundidade — Resistências por atrito lateral

c) Prospecção complementar

Decidido assim, em princípio, o emprego de estacas flutuantes procedeu-se à execução de 3 ensaios estáticos de penetração em profundidade.

Na Fig. 17 apresentam-se os gráficos das resistências por atrito lateral obtidos nos 3 ensaios. Os ensaios n.º 1 e n.º 2 foram levados até à profundidade de 26 metros. O ensaio n.º 3 terminou aos 23,6 m de profundidade.

A resistência por ponta, nos lodos, apresentou sempre valores baixos e erráticos. O estrato arenoso revelou-se, como se previra, muito heterogéneo e pouco consolidado. As resistências de ponta no seu interior situam-se irregularmente entre 10 kg/cm² e 50 kg/cm², valores muito baixos para uma areia.

Apesar da heterogeneidade das aluviões os gráficos das resistências por atrito lateral apresentam-se muito concordantes. Assim, aos 14 m de profundidade, registou-se nos 3 ensaios o mesmo valor de 1.200 kg para carga de rotura por mobilização do atrito lateral. A este valor corresponde uma tensão de rotura de 0,08 kg/cm². Aos 22 metros a carga de rotura atinge os valores de 3.000 kg, 3.200 kg e 3.600 kg, respectivamente nos ensaios n.os 3, 1 e 2, o que corresponde a tensões de rotura da ordem dos 0,25 kg/cm², entre os 14 e 22 metros.

Estes valores já nos dão ideia do aumento de compacidade dos lodos com a profundidade, o que não sucedia com os resultados dos ensaios dinâmicos de penetração, normalizados.

d) Projecto de fundações; ensaios de carga

Para transmissão das cargas às aluviões, por atrito lateral, decidiu-se pelo emprego de estacas de betão armado moldadas no terreno.

As estacas são executadas por cravação prévia do tubo moldador, desobturado, e seu enchimento posterior com betão, depois de retirado o terreno.

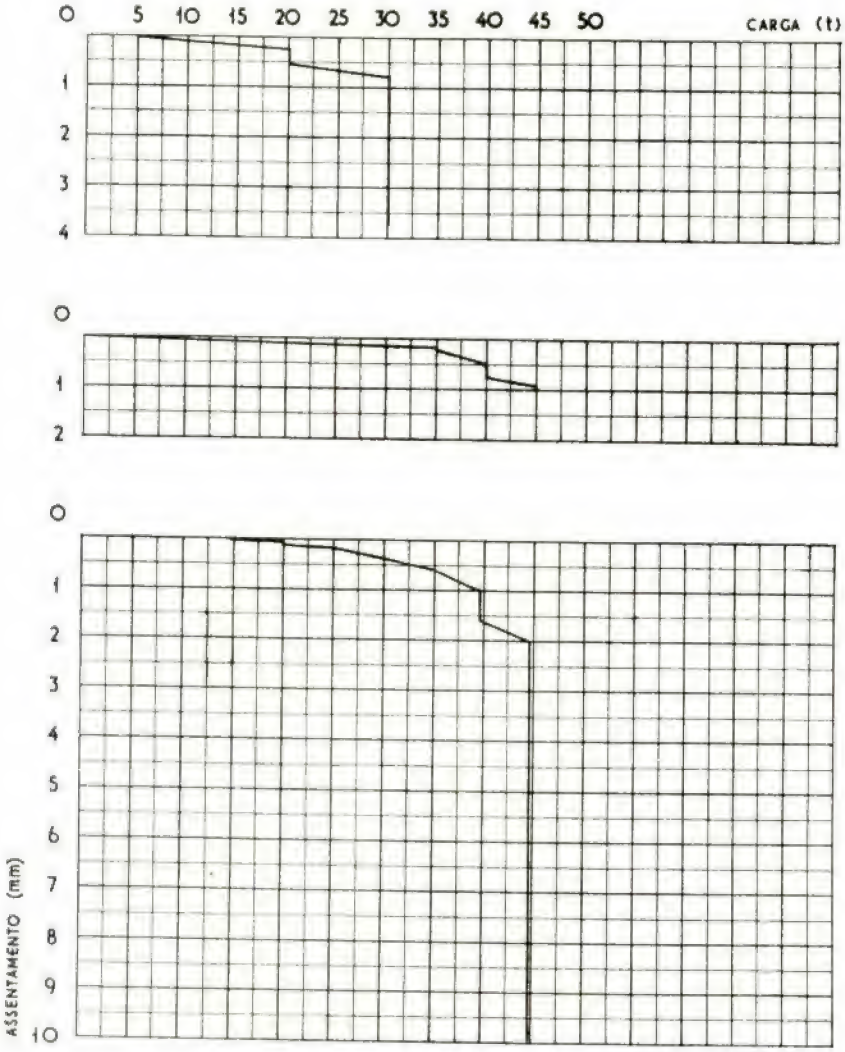
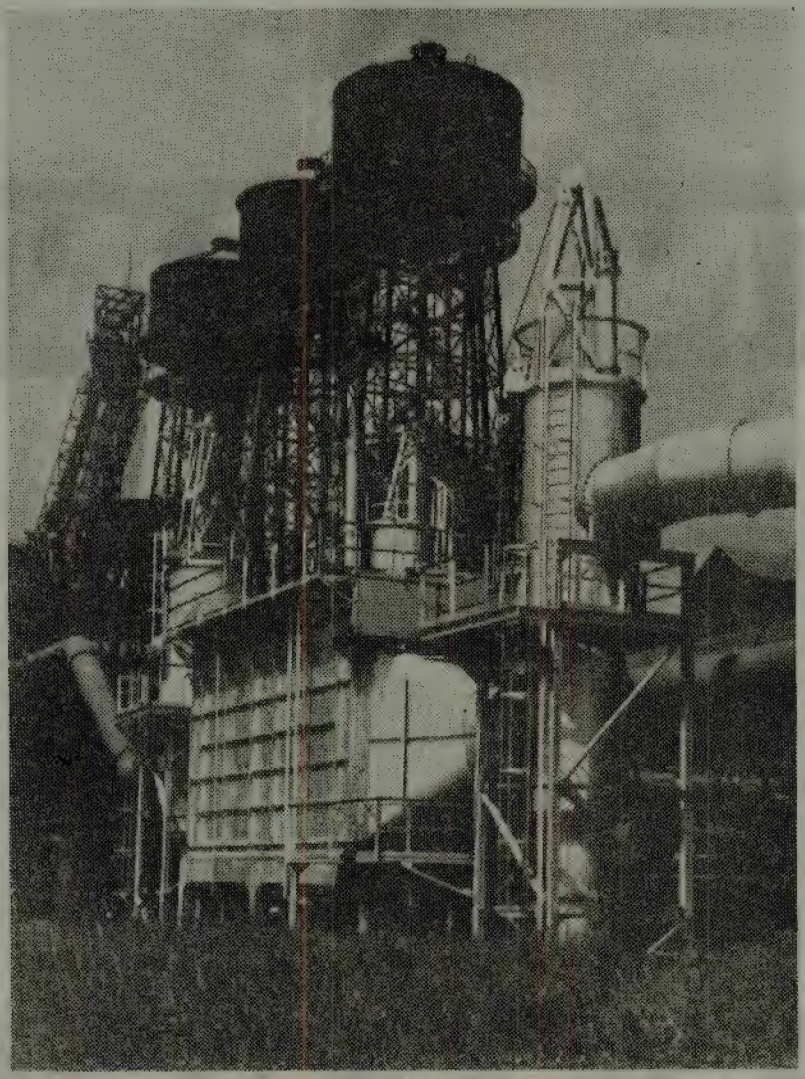


Fig. 18 — Emissor em Castanheira do Ribatejo
Ensaios de carga de estacas n.º 1, 3 e 4

Elex S.A. Zurich

Captação electrostática e mecânica de poeiras de gases e fumos industriais



Electrofiltro de recuperação de gases provenientes de um alto forno

Principais domínios de utilização:

Fábricas de Cimentos
Fundições
Fábricas de Gás
Indústria Metalúrgica
Electrometalurgia
Indústria Química e de Celulose

Representantes gerais para Portugal Continental e Ultramar

SOCOTEL, L.DA

Rua de Sá da Bandeira, 651-4.º Esq.

Tel. 27013 PPC **PORTO**

UNILENE

Características:

Leveza; grande resistência ao choque, esmagamento e abrasão; boa flexibilidade; grande estabilidade dimensional; perdas de carga mínimas; imunidade à incrustação, insensibilidade às baixas temperaturas; resistência aos ácidos minerais, alcalis e soluções salinas, inatacabilidade por fungos ou roedores. Não tóxico.

Restrições:

A temperatura máxima de serviço contínuo é de 50° C.

Aplicações:

Construção Civil, Indústria Química, Condutas desmontáveis ou fixas para cerveja, agricultura, vinicultura, sulfato para as vinhas, estábulos, nitreiras, centrais leiteiras, sumos de frutos, águas ácidas, água salgada ou calcárea, condutas de água e ar nas minas, pedreiras, etc.

UNILENE

SOCIEDADE FABRIL DE MATÉRIAS PLÁSTICAS

PORTO
RUA DO HEROÍSMO, 291
Tele { gramas UNISOTRA
fone (prov.) 5 2102

LISBOA
RUA DA EMENDA, 19
Tele { gramas UNISOTRA
fone 2 0448 - 36 7488 - 36 7489

O facto das vibrações resultantes da execução das estacas nestas condições serem pequenas aconselhou este sistema dada a proximidade do edifício existente, as suas precárias condições de estabilidade e a simultâneidade da execução das estacas com o funcionamento dos emissores.

Antes de se estabelecer o projecto definitivo das fundações foram realizados 3 ensaios sobre estacas de prova, ensaios cujos gráficos estão representados na Fig. 18.

O ensaio n.º 1, corresponde a uma estaca com 15 metros de comprimento moldada em tubo de 40 cm de diâmetro.

A estaca afundou-se às 30 toneladas, avaliando-se a respectiva tensão de rotura por mobilização do atrito lateral em:

$$t = \frac{30\,000}{1\,500 \times 3{,}14 \times 40} = 0{,}16 \text{ kg/cm}^2$$

Os solos envolvendo o fuste da estaca, observados quando da extracção do terreno do interior do tubo moldador, são, a partir da superfície:

Aterro, 0,5 m; lodo, 6,0 m; areia lodosa, 1,6 m; lodo, 6,9 m.

O ensaio n.º 3 foi realizado sobre uma estaca moldada com tubo de igual diâmetro e atingindo a mesma profundidade mas para a qual o registo dos terrenos atravessados indicam:

Lodo, 5,0 m; areia lodosa, 10,0 m.

Este ensaio foi levado até às 45 toneladas sem haver rotura; o comportamento da estaca deve ter sido, no entanto, muito afectado pela resistência de ponta na camada de areia lodosa, pelo que não foi considerado para determinação das resistências por mobilização do atrito lateral.

O ensaio n.º 4, foi realizado sobre uma estaca com 16 metros de comprimento, moldada em tubo de 50 cm de diâmetro, atravessando os seguintes terrenos:

Aterro, 0,5 m; lodo, 5,0 m; areia lodosa, 1,6 m; lodo, 7,90 m.

A rotura verificou-se às 45 toneladas, o que corresponde a uma tensão média de rotura de:

$$t' = \frac{45\,000}{1\,600 \times 3{,}14 \times 50} = 0{,}18 \text{ kg/cm}^2$$

O valor mínimo registado no ensaio de carga das estacas — 0,16kg/cm², no primeiro ensaio — é, portanto, duplo dos valores registados no ensaio de penetração.

Tratando-se de estacas moldadas no terreno o valor do atrito é seguramente afectado pela rugosidade da superfície das estacas e aumento do seu diâmetro, resultantes da betonagem contra o terreno.

Para estabelecer o projecto definitivo foi admitida a tensão de 0,055 kg/cm², correspondente a um coeficiente de segurança igual a 3.

Conclusões

1) O aproveitamento da camada superficial das aluviões lodosas do rio Tejo, para estabelecimento de fundações directas, só pode ser encarada quando se tratar de estruturas pouco importantes e para as quais não seja de temer o efeito de assentamentos.

2) Na camada de lodos moles é pràticamente inviável o estabelecimento de fundações directas. Apenas se poderão estabelecer fundações por flutuação, isto é, fundações que impliquem a remoção dum volume de lodos de peso sensìvelmente igual à carga transmitida pelas estruturas.

3) Os lodos profundos, mais consolidados, não apresentam ainda características que possam levar ao estabelecimento de fundações resistindo neles por ponta, quer se empreguem estacas, quer pegões ou mesmo sapatas.

4) Quando se encontram intercalados nas aluviões lodosas, estratos arenosos de possança apreciável, é possível o estabelecimento de fundações com elementos que resistam por ponta nesses estratos.

5) Não se encontrando estratos arenosos regulares e com a possança necessária, e estando o «bed-rock» a grande profundidade, pode-se encarar o estebelecimento de fundações sobre estacas flutuantes.

Essas estacas resistem por mobilização do atrito lateral nos lodos moles, mas as suas pontas penetram na camada dos lodos mais consolidados.

6) A resistência das estacas por atrito lateral pode ser estimada, em primeira aproximação, em função dos resultados obtidos com a execução de ensaios estáticos de penetração em profundidade. Os valores estimados por este pocesso situam-se sempre do lado da segurança.

7) A fixação da carga de segurança definitiva só deve ser feita, no entanto, depois de realizados ensaios de carga sobre estacas de prova, levados até à rotura.

8) As fórmulas dinâmicas de cravação não devem ser utilizadas para determinação da capacidade de carga das estacas resistindo por atrito lateral, por conduzirem a valores completamente fora da realidades.

Devem registar-se, porém, as negas obtidas na cravação, para se poder apreciar qualquer mudança brusca de condições de resistência.

9) De acordo com a experiência colhida nas obras indicadas e na execução de outros ensaios de penetração que temos levado a efeito nas aluviões lodosas do Tejo podemos atribuir a essas aluviões, em primeira aproximação, tensões de segurança, para resistência por mobilização do atrito lateral, compreendidas entre 0,05 a 0,1 kg cm^2.

O MATERIAL DE ILUMINAÇÃO FLUORESCENTE ACEC

CIENTÍFICAMENTE ESTUDADO E VERIFICADO, OFERECE AS MAIS COMPLETAS GARANTIAS DE ALTA

QUALIDADE

LÂMPADAS
BALASTROS
ARRANCADORES
ARMADURAS

UMA DAS FASES DE FABRICAÇÃO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES ACEC

ACEC - ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE CHARLEROI

REPRESENTANTES GERAIS

INEL - INDÚSTRIAS ELÉCTRICAS ASSOCIADAS

SEDE EM LISBOA: RUA RODRIGO DA FONSECA, 76, 4.º
TELEF. 730161/2/3/4/5 — TELEG. INELA—LISBOA
DELEGAÇÃO NO PORTO: RUA DE SANTA CATARINA, 470
TELEF. 28841, 28842 e 28843 — TELEG.: INELAPO-PORTO

ACEC CHARLEROI

Têmpera artificial por indução

Os eixos temperados por indução são perfeitamente desempenados, com almas resistentes e livres de incrustações.

A têmpera poderá ser aplicada em qualquer área parcial que se deseje e tão profunda quanto for necessária — a um ritmo de produção de centenas de peças por hora.

Os fornos «BIRLEC» para têmpera superficial por indução podem tratar, pràticamente, todos os tipos de eixos — compridos, curtos, lisos, entalhados, assim como engrenagens, etc., sendo a uniformidade da têmpera assegurada por controles automáticos.

BIRLEC BIRLEC **LIMITED**

BIRMINGHAM — Inglaterra

Peça detalhes aos Agentes para Portugal:

Ahlers, Lindley, Limitada

Rua Ferregial de Baixo, 33-2.º
LISBOA
Telef. 2 1321/4

Palácio do Atlântico, 408
Praça D. João I
PORTO — Telef. 3 1414/5

C. D. U. 693.552.058 : 627,825.7

A BETONAGEM DA BARRAGEM DE PICOTE

PELO ENG.º CIVIL (U. P.) LUÍS MOREIRA LOBO

A construção das grandes barragens arco de betão levanta o problema de compatibilização das garantias de resistência, impermeabilidade e durabilidade — convidativas à elevação da dosagem em cimento — com a necessidade duma limitação à subida de temperatura do betão, originada pela hidratação do cimento, pois que esta limitação torna desejável, pelo contrário, a redução da dosagem em cimento do betão; e neste mesmo sentido actua o interesse económico.

Tal compatibilização é tanto mais simplificada — quer dizer, é aliviada, em tanto maior grau, do recurso a meios de acção dispendiosos, como o arrefecimento artificial dos componentes do betão fresco ou do próprio betão fresco ou do próprio betão já em processo de endurecimento, a ampliação dos intervalos de tempo entre betonagens de camadas sucessivas, a redução da altura das camados, o atraso na realização das injecções de fecho das juntas de contracção, etc. — quanto maior for a regularidade das características do betão.

A consecução dessa regularidade faz-se ao longo de fases de adaptação que, com frequência, têm uma duração da mesma ordem de grandeza da construção integral da barragem.

Em Picote, os critérios seguidos na condução da obra proporcionaram que se tirasse partido da experiência anteriormente adquirida entre nós em trabalhos deste tipo. Esta orientação e a circunstância de se lidar com um material inerte — o granito — já bem conhecido de anteriores estaleiros tornaram possível que a obra de Picote fosse — no fabrico de betão como noutros aspectos da sua realização — mais, talvez, uma continuação *de obras anteriores do que uma obra nova, não obstante as excepcionais dificuldades que decorrem das condições naturais em que ela é realizada.*

A continuidade, *no recrutamento de quadros, como na mobilização de equipamentos de estaleiro e no fabrico de cimento especial, proporcionou, assim, a obtenção duma regularidade de características do betão que é rara.*

O presente artigo, subscrito por quem, no estudo e controle laboratorial do betão, tem dado prestigiante cooperação à realização da obra de Picote, descreve — em termos que, pela sua clareza e pormenor, por certo podem vir a ser úteis a quem quer que tenha que debater-se com problemas análogos — os critérios que enformaram a subordinação do abaixamento das dosagens de cimento a uma rigorosa aferição da regularidade.

PEDRO A. NUNES
Chefe dos Serviços de Engenharia Civil
da Hidro-Eléctrica do Douro, S. A. R. L.

PREÂMBULO

A Comissão de Fiscalização das Obras dos Grandes Aproveitamentos Hidro Eléctricos, criada em 1946 para «velar pelo cumprimento dos cadernos de encargos das concessões na parte que se refere à construção das centrais produtoras, aprovar as adjudicações de obras ou a sua realização por administração directa, bem como as encomendas dos equipamentos mecânico e eléctrico, e fiscalizar a execução das obras e a montagem e instalação daqueles equipamentos» (1) tem tido a seu cargo, nos estaleiros dos aproveitamentos que fiscaliza, laboratórios para estudo e controle do betão aplicado nas obras. Do trabalho neste campo realizado nos aprovei-

(1) Decreto n.º 35 684, *Diário do Governo* de 3-6-946.

tamentos já construídos sob as suas vistas (Castelo do Bode, Venda Nova, Salamonde, Cabril, Caniçada e Bouçã) e actualmente em construção (Paradela, Picote e Miranda) resulta naturalmente um conjunto de elementos de interesse que vale a pena divulgar.

O objectivo desta notícia é dar a conhecer os resultados do estudo e do controle do betão até agora levado a efeito na Barragem de Picote, que está a ser construída pela Hidro Eléctrica do Douro no troço do Douro Internacional reservado ao nosso País.

Constituiria apreciável prova de interesse por este trabalho — e seria gostosamente recebida — qualquer discussão crítica ou pedido de esclarecimento sobre o que nele se expõe (1).

I — O laboratório do estaleiro

1. — Numa obra de 220.000 m³ de betão — o caso da barragem de Picote e seu descarregador de cheias — 1 quilograma de cimento a mais ou a menos na dosagem final significa um gasto a mais ou a menos de 140 contos. Vale bem a pena que o técnico do betão cuide de gastar apenas o cimento indispensável, tal como o projectista procura adelgaçar a estrutura para lhe reduzir o volume. O cálculo e os ensaios em modelo indicam a este a ordem de grandeza das tensões a que o betão deverá fazer face; o controle do betão colocado em obra permitirá àquele estabelecer a margem de segurança necessária. Satisfeitas as exigências específicas da obra, tais como permeabilidade, durabilidade etc., de pouco aproveitará um excesso daquela margem de segurança.

Quando e onde devem fazer-se os ajustamentos das dosagens dos betões, é uma das importantes funções que o laboratório do estaleiro tem de desempenhar.

2. — Depois do estudo inicial que se torna necessário realizar com os inertes a empregar, para indicar nos cadernos de encargos a origem dos agregados, as características das instalações para o seu fabrico e selecção e as capacidades de ensilamento, impõe-se a intervenção laboratorial para seguir dia a dia a vida do estaleiro, a fim de dar continuidade ao trabalho pela forma mais aconselhável.

Definir critérios de rejeição de pedra na exploração de uma pedreira; condicionar o aproveitamento de produtos de escavação e de depósitos naturais (cascalheiras, areeiros, saibreiras), indicar as dosagens do betão; propor as modificações na cadeia de fabrico dos inertes e betões no sentido de uma produção regular e industrial; controlar a qualidade do cimento; estabelecer o coeficiente de segurança da obra, são funções que ao laboratório do estaleiro compete exercer. Só com os elementos fornecidos pelo estudo e pelos ensaios se pode actuar com conhecimento de causa, falar com números, apontar qualidades a atingir ou defeitos a eliminar.

3. — Contíguo às instalações da Fiscalização do Estado no estaleiro de Picote, fica localizado o laboratório, construído e equipado pela Hidro Eléctrica do Douro em 1955.

A direcção do laboratório está a cargo do eng.º Fiscal das Obras do Rio Douro e o seu quadro é constituído, na sua quase totalidade, por pessoal que prestou serviço já no laboratório dos estaleiros do sistema Zêzere.

Para a realização de ensaios na obra e para a colheita de provetes de betão, de amostras de cimento e de inertes estão destacados agentes externos.

Além das salas destinadas aos ensaios de cimento, de inertes e de resistência mecânica de betões e argamassas, fazem parte do laboratório e ficam-lhe anexas:

- uma dependência para o fabrico e ensaios de betões;
- uma câmara para cura de provetes de argamassa e de betão, com a capacidade de $10 \times 8 \times 3$ m³, dotada de aquecimento eléctrico e de um sistema de humidificação, por forma a manter uma temperatura de 20 ± 1 °C e um teor de humidade de cerca de 90 %;
- uma bateria de 10 silos para armazenamento de inertes classificados.

Indicam-se, no quadro que segue, os ensaios, que se efectuam no laboratório do estaleiro, bem como o seu principal equipamento.

(1) Sede da Comissão: Av. da República, 48-B, 4.º D., Lisboa.

Laboratório do estaleiro de Picote

Ensaios que se efectuam e principal equipamento

ENSAIOS	EQUIPAMENTO
I — CIMENTOS	
Peso específico	2 densímetros Le Châtelier — Candlot
Presa	4 taças de latão 2 aparelhos de Vicat com agulha e sonda
Expansibilidade	36 moldes Le Châtelier 1 caldeira de cobre com aquecimento eléctrico
Finura	Peneiros n.os 170 e 200 (A. S. T. M.) 1 permeabilímetro Blaine
Resistência mecânica	6 × 6 formas para prismas de 4 × 4 × 16 cm³ 6 formas para cubos de 5 × 5 × 5 cm³ 1 prensa «Amsler» manual de 20 t para ensaios de flexão e compressão
Calor de hidratação	Garrafas thermos 9 termómetros de 0/100 °C, graduados em 0,1 °C
Consistência de argam.	1 mesa de ressaltos (para ensaios de espalhamento)
II — AGREGADOS	
Peso específico	1 picnómetro de 50 cc
Análises granulométricas	1 peneirador vertical para areias, vibratório, eléctrico, com a série de peneiros n.os 4 - 8 - 16 - 30 - 50 - 100 (A. S. T. M.) 1 peneirador mecânico para areias e britas até 3/4" Colecções diversas de crivos e peneiros para britas e areias
III — BETÕES	
Amassadura	1 betoneira eléctrica de 100 litros
Moldagem	2 vibradores eléctricos de 2.800 r. p. m. (agulha de 8 cm e 6 cm) 32 moldes cúbicos de 20 cm de aresta 6 moldes cilíndricos de ø = 45 cm e h = 45 cm 6 moldes prismáticos de 14 × 14 × 56 cm³ 6 moldes cilíndricos de ø = 15 cm e h = 30 cm 2 moldes cúbicos de 60 cm de aresta

Ensaios que se efectuam e principal equipamento (continuação)

ENSAIOS	EQUIPAMENTO
Consistência	2 cones Abrams (ensaio de slump)
Ar retido	2 doseadores volumétricos
Resistência mecânica	1 máquina «Simrup» para prismas de 14 × 14 × cm^3 1 prensa «Amsler» eléctrica, de 300 t
Elasticidade	Deflectómetros de 0,01 mm e 0,001 mm
Permeabilidade	1 prensa hidráulica para 15 kg/cm^{-2}
DIVERSOS:	1 cronómetro (1/5 de segundo) 1 estufa eléctrica com termostato para 150° C 1 balança de precisão, de 200 gr. de carga Diversas balanças 1 destilador automático 1 humidificador 1 termohigrógrafo

II — Estudo do betão a aplicar na barragem de Picote

1. — Para a barragem de Picote, do tipo arco, com altura máxima de 95 m e espessura variável entre 18 m a 13 m, estão previstas pelo cálculo analítico e pelo ensaio em modelo reduzido tensões máximas de trabalho do betão da ordem dos 30 $kgcm^{-2}$.

A barragem tem o coroamento à cota 480 m e situa-se numa zona do País de temperatura média anual cerca de 13 °C. As temperaturas extremas do ambiente registadas no local da barragem no biénio 1955-1956 foram de — 5 °C e 37 °C.

Prevê-se que para a exploração normal do aproveitamento seja aproveitada sòmente uma fatia da albufeira compreendida entre as cotas (471) e (465).

O paramento de jusante da barragem fica protegido pelo trampolim do descarregador de cheias.

Conclui-se do exposto que, além de ser submetido a tensões de trabalho de moderada ordem de grandeza, o betão da barragem de Picote não virá mesmo a ser sujeito, nos seus paramentos, a condições de exposição que devam considerar-se severas.

O gradiante hidráulico não será muito elevado, pelo que não há que exigir do betão a alta impermeabilidade imposta para as barragens do tipo abóbada delgada.

2. — Para o fabrico do betão da barragem de Picote utilizam-se agregados obtidos por britagem mecânica de granito de boa qualidade, resultante das escavações para a fundação da mesma. À operação de britagem segue-se uma selecção dos inertes em 4 tipos de britas e 2 tipos de areias, a sua eficiente lavagem e o armazenamento em silos cobertos.

O doseamento e a amassadura do betão são feitas em duas torres de betonagem, sendo os inertes, cimento e água doseados gravimètricamente.

3. — Para o cimento destinado ao betão da barragem estão especificadas, no caderno de encargos do fornecimento, resistências mecânicas

apreciáveis. Com efeito exige-se, no ensaio aos 7 e 28 dias, efectuado sobre argamassas preparadas segundo as Normas Suíças SIA 115, as seguintes tensões mínimas de rotura:

Ensaio	$kgcm^{-2}$	
	7 dias	28 dias
TRACÇÃO (por flexão)	40	50
COMPRESSÃO	180	280
Tolerância a título excepcional: — 10 %		

4. — Do quadro que se segue, onde se reunem as principais características das 6 barragens de betão, do tipo arco, construídas nos últimos 10 anos nos aproveitamentos dos sistemas Zêzere e Cávado, constam as quantidades percentuais dos betões de diferentes dosagens, bem como a dosagem média aplicada. Verifica-se ter sido reduzido o volume de betão até agora colocado com dosagem inferior a 200 kgm^{-3} (máximo de 11 % na barragem de Caniçada). Além disso, todo ele foi aplicado fora do corpo da barragem.

Tem sido prática corrente empregar um betão de dosagem mais rica (raramente inferior a 250 kgm^{-3}), junto do paramento de montante, numa espessura da ordem dos 3 m. Quando a estrutura atinge espessura inferior a 4 m, passa a adoptar-se uma dosagem uniforme. É evidente que este enriquecimento da dosagem a montante influi na dosagem média final tanto mais quanto menor for a espessura da abóbada.

Posto que as formas das barragens ùltimamente construídas entre nós não se tenham prestado à aplicação de betões de baixas dosagens de cimento (para se garantir resistência e impermeabilidade suficientes), crê-se que não se desceu ainda abaixo dos 200 kgm^{-3} só pelo motivo de certa inércia em começar.

5. — Os ensaios de laboratório para estabelecimento das composições dos betões destinados à barragem foram iniciados em Maio de 1955, cerca de 1 ano antes da data prevista para o início da betonagem.

Foram ensaiadas granulometrias de tipo contínuo e descontínuo, já que pode convir, em determinadas ocasiões, alterar a curva granulométrica normalmente aplicada para resolver desiquilíbrios na fabricação dos inertes.

Dispunha-se no laboratório das seguintes classes de brita de granito (malha quadrada, mm);

5/15 — 15/30 — 30/75 — 75/150

e das seguintes classes de areia, provenientes também de granito (malha quadrada, mm):

0/1,2 — 1,2/2,4 — 2,4/4,8.

Trata-se de classes de inertes «puros», isto é, com percentagens de infra e supra-tamanhos desprezíves.

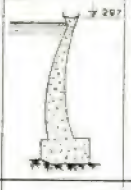
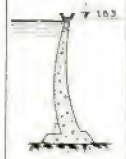
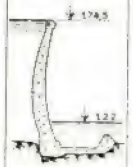
O cimento de que a princípio se dispunha para os ensaios era *portland normal* da marca Sécil, apresentando as seguintes resistências médias obtidas em argamassas confeccionadas segundo as Normas Suíças SIA 115:

Ensaio	$kgcm^{-2}$	
	7 dias	28 dias
TRACÇÃO (por flexão)	43	54
COMPRESSÃO	243	346

Mais tarde começou a receber-se cimento *Liz modificado* (o cimento que devia empregar-se na construção da barragem), o qual apresentou as seguintes resistências médias, no ensaio pelas normas indicadas, incluindo amostras posteriores à realização dos ensaios:

Ensaio	$kgcm^{-2}$	
	7 dias	28 dias
TRACÇÃO (por flexão)	41	56
COMPRESSÃO	199	308

Os ensaios de betões feitos com cimento Sécil foram depois repetidos aplicando cimento Liz, de ambos se apresentando os resultados obtidos.

NOME DA BARRAGEM (entidade proprietária)	RIO	TIPO	SECÇÃO	ALTURA (m)	ESPESSURA NA BASE (m)	RAIO DE MONTANTE NO COROAMENTO (m)	ÂNGULO AO CENTRO (graus)	MÁXIMA TENSÃO DE COMPRESSÃO PREVISTA (kgcm²)	ALÇADO DE MONTANTE	BETÃO — VOLUME TOTAL (m³)	BETÃO — BETÕES DE DIFERENTES DOSAGENS (% do volume total) < 200	200-225	> 225	DOSAGEM MÉDIA (kgm³)	DATA DA CONSTRUÇÃO — INÍCIO DA COLOCAÇÃO DO BETÃO	CONCLUSÃO	AUTOR DO PROJECTO
CASTELO DO BODE Hidro Eléctrica do Zêzere	ZÊZERE	Arco gravidade, de raio constante		115	34	150	112	42		400.000	6	75	19	235	Junho/48	Ag/50	A COYNE
VENDA NOVA Hidro Eléctrica do Cávado	RABAGÃO	Idem		94	33	154,5	95	45		228.000	–	54	46	248	Outubro/49	Maio/51	A COYNE
SALAMONDE Hidro Eléctrica do Cávado	CÁVADO	Arco de raio variável		75	8	115	100	60		94.000	10	4	86	259	Abril/52	Abril/53	A COYNE
CABRIL Hidro Eléctrica do Zêzere	ZÊZERE	Idem		132	19	155	110	60		365.000	4	23	73	242	Junho/52	Dez9/53	H.E.Z
CANIÇADA Hidro Eléctrica do Cávado	CÁVADO	Idem		76	8	105	107	60		89.000	11	10	79	256	Julho/53	Ag/54	HICA
BOUÇÃ Hidro Eléctrica do Zêzere	ZÊZERE	Idem		65	7,5	95	102,50	38		70.000	–	–	100	251	Novembro/54	Ag/55	H.E.Z

Características das Principais Barragens Arco Portuguesas

6. — Para o estabelecimento da composição definitiva dos betões foram seguidos os critérios gerais que se expõem:

a) *Consistência* — plástica — slump do betão crivado pela malha de 30 mm: 2 cm a 4 cm;
b) *Relação brita/areia* — a mais elevada possível, só limitada pela condição de boa trabalhabilidade e de pleno enchimento (argamassa suficiente).

   Estas características eram verificadas moldando provetes cúbicos de 0,60 m de aresta com betão integral (completo);
c) *Finura da areia* — os módulos de finura da areia aplicada diminuiram à medida que diminuia a dosagem de cimento, variando entre 3,17 e 2,84;
d) *Pó na areia*—a percentagem de pó (0/0,15 mm) em relação ao peso da areia foi da ordem dos 6 %, isto é, cerca de 1,3 % relativamente ao peso total dos agregados;
e) *Ar no betão* — aplicou-se um agente arejador (Metar) por forma a obter no betão crivado pela malha de 30 mm um volume de ar compreendido entre 3 % e 4 % do volume desse betão;
f) *Provetes para ensaio* — cubos de 20 cm de aresta, moldados com betão crivado pela malha de 30 mm. Estes provetes, desmoldados 24 h após o enchimento, eram mantidos em ambiente húmido, à temperatura de 20° C, até à data do ensaio.

7. — Foram estabelecidas composições e moldaram-se provetes para as dosagens de cimento (em kgm^{-3}) seguintes:

250 — 210 — 180 e 155.

Depois de alguns ensaios prévios, fixaram-se para estas 4 dosagens as composições granulométricas constantes do quadro I.

Nas granulometrias descontínuas praticou-se a descontinuidade apenas nas britas (patamares 75/30 e 15/5).

Na fig. 1 estão indicados os elementos relativos à granulometria do betão de 210 kgm^{-3}.

Quanto à quantidade de água de amassadura fez-se o seu cálculo prévio, tomando para a molhagem do cimento 24 % do seu peso; para os agregados aplicou-se a fórmula de Bolomey:

$$A = \frac{100\ N}{\sqrt[3]{di \times di} + 1}$$

sendo:

A — peso de água em kg para a molhagem de 100 kg de agregados limitados pelas dimensões di e di + 1.

N = 0,1 (betão plástico e agregados de britagem).

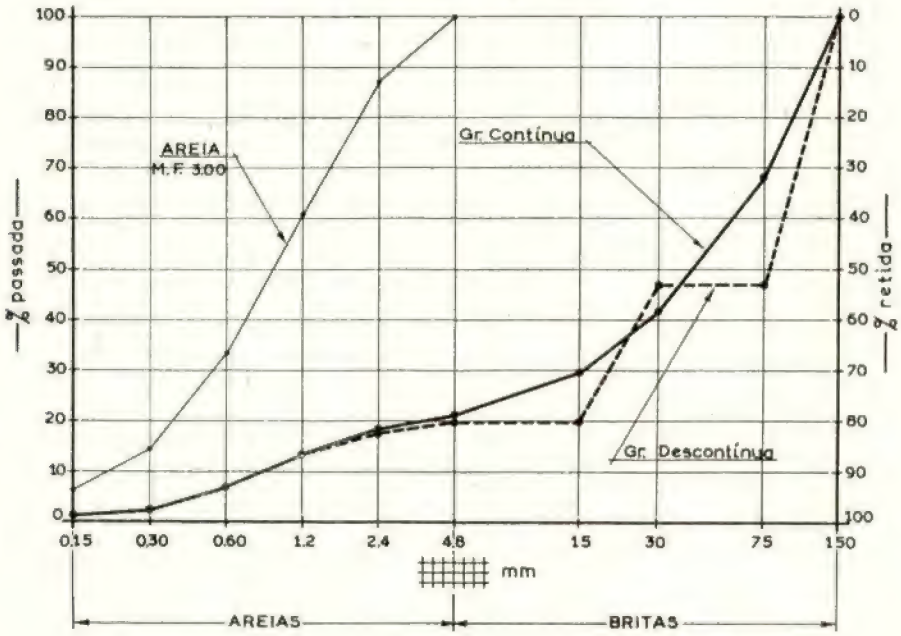


Fig. 1 — Granulometria dos inertes para dosagem de 210 kgm^{-3}

Constam os cálculos do quadro II onde se indicam, também, os valores dos coeficientes A/C calculados e realmente aplicados, com vista a obter-se o slump desejado.

Ressalta que, com os critérios fixados, o teor de água calculado foi pràticamente o que na realidade se verificou necessário para corresponder à consistência referida, no caso da dosagem de 180 kgm^{-3}. Mostrou-se insuficiente para a dosagem de 155 kgm^{-3} (a plasticidade da argamassa pobre — traço 1:3,0 — teve de ser melhorada à custa de um excesso de água) e excessiva para a dosagem de 250 kgm^{-3} (a plasticidade da argamassa rica — 1:1,65 — dispensou alguma água).

8. — Resultados dos ensaios

De cada tipo de granulometria e dosagem fizeram-se 4 ou 5 amassaduras, de cada uma das quais se moldavam 6 provetes, destinando-se 3 ao ensaio de 28 dias e 3 ao de 84 dias. Empregou-se nestas amassaduras, primeiro cimento Sécil e depois cimento Liz.

Os resultados obtidos no ensaio de compressão dos provetes moldados estão indicados no *Quadro-Resumo* que se segue, que reune os valores médios constantes dos quadros III, IV, V e VI, anexos.

Na fig. 2 fez-se a representação gráfica dos mesmos resultados.

Apesar de o número de provetes ensaiados para cada tipo de betão ser relativamente pequeno, fez-se o cálculo das dispersões dos resultados, tendo-se encontrado valores bastante pequenos (V. *Quadro-Resumo*).

9. — Conclusões

— Foram obtidas resistências muito elevadas para os betões das diferentes dosagens. Para isso deve ter contribuido em boa parte a apreciável resistência dos cimentos empregados.

— Os betões de granulometria descontínua apresentam resistências mais elevadas, como consequência de necessitarem de menor quantidade de água de amassadura. A tendência para maior segregação dos elementos exigirá, porém, maior cuidado na operação da descarga dos betões sobre o bloco.

— A facilidade de colocação em obra dos betões ensaiados, garantindo a possibilidade de obter sempre betões compactos, faz prever que a sua permeabilidade seja muito pequena. Procurar-

QUADRO-RESUMO

Granulometria	Dosagem	CIMENTO SECIL						CIMENTO LIZ					
		Aos 28 dias			Aos 84 dias			Aos 28 dias			Aos 84 dias		
	kgm^{-3}	Rc $kgcm^{-2}$	n	e %	Rc $kgcm^{-2}$	n	e %	Rc $kgcm^{-2}$	n	e %	Rc $kgcm^{-2}$	n	e %
CONTÍNUA	155	187	12	7,4	241	12	4,6	178	11	7,6	211	12	4,5
	180	267	12	4,7	326	12	4,2	243	12	8,5	273	12	4,4
	210	314	12	3,9	361	12	5,5	280	12	5,2	311	12	1,2
	250	374	12	4,0	428	12	5,6	334	12	3,7	370	12	2,5
DESCONTÍNUA	155	210	15	8,7	268	15	5,6	195	12	3,0	239	12	3,6
	180	273	15	8,4	346	15	5,6	255	12	4,2	313	12	2,8
	210	302	15	6,6	384	15	6,3	308	12	3,7	360	12	3,2
	250	375	15	6,1	462	15	4,4	381	12	3,1	433	12	7,5

n = n.º de provetes ensaiados.

e = dispersão (cociente do erro quadrático pela média) × 100.

QUADRO I

Barragem de Picote

Composição de 1 m³ de betão para diferentes dosagens de cimento

Granulometrias contínuas e descontínuas

Tipo de granulometria	Dosagens	BRITAS								AREIAS						Total de inertes	Agua	Peso de 1 m³ de betão fresco	Metar	A/C	b/a	M. F. da areia
		75/150		30/75		15/30		5/15		2,4/4,8		1,2/2,4		0/1,5								
	kg m⁻³	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	kg	kg	kg	cc			
CONTÍNUA	155	31	662	26	555	12	256	9	192	2,2	47	4,4	94	15,4	326	2.135	122	2.412	200	0,79	3,54	2,84
	180	32	680	26	553	12	255	9	191	2,7	57	4,6	98	13,7	291	2.125	113	2.418	234	0,67	3,78	2,97
	210	32	672	26	549	12	252	9	189	2,7	57	4,6	97	13,7	288	2.101	116	2.427	270	0,55	3,77	2,97
	250	33	680	26	536	12	247	9	185	3,0	62	6,0	124	11,0	227	2.061	115	2.426	325	0,46	4,02	3,17
DESCONTÍNUA	155	25	1110	–	–	27	576	–	–	2,1	45	4,2	90	14,7	314	2.135	113	2.403	202	0,73	3,76	2,85
	180	52,5	1116	–	–	27	574	–	–	2,7	57	4,5	96	13 3	283	2.126	108	2.414	234	0,60	3,88	2,97
	210	53	1113	–	–	27	567	–	–	2,6	55	4,4	92	13,0	273	2.100	111	2.421	270	0,53	4,00	2,97
	250	53,5	1102	–	–	27	556	–	–	2,9	60	5,9	122	10,7	220	2.060	110	2.420	325	0,44	4,12	3,17

QUADRO II

Barragem de Picote

Estudo de betões

Cálculo da água de amassadura

$$\text{INERTES: } Am\ (\%) = \frac{10}{\sqrt[3]{di\ di} + 1} \qquad \text{CIMENTO: } Ac = 24\ \%$$

Tipo de granulom.	Dosagens kgm³	BRITAS 75/150 kg	BRITAS 75/150 A_1 (0,44 %)	BRITAS 30/75 kg	BRITAS 30/75 A_2 (0,76 %)	BRITAS 15/30 kg.	BRITAS 15/30 A_3 (1,3 %)	BRITAS 5/15 kg	BRITAS 5/15 A_4 (2,4 %	AREIAS 2,4/4,8 kg	AREIAS 2,4/4,8 A_5 (4,4 %)	AREIAS 1,2/2,4 kg	AREIAS 1,2/2,4 A_6 (7,0 %	AREIAS 0/1,2 kg	AREIAS 0/1,2 A_7 (15,5 %)	Cimento Ac 24 % kg	Água total (litros)	A/C Calculado	A/C Aplicado
CONTÍNUA	155	662	2,91	555	4,22	256	3,33	192	4,61	47	2,07	94	6,58	329	51,0	37,20	111,9	0,72	0,79
	180	680	2,99	553	4,20	255	3,32	191	4,58	57	2,51	98	6,86	291	45,10	45,20	112,8	0,63	0,63
	210	672	2,96	546	4,15	252	3,28	189	4,54	57	2,51	97	6,79	288	44,64	54,40	119,3	0,57	0,55
	250	680	2,99	536	4,07	247	3,21	185	4,44	62	2,73	124	8,68	227	35,20	60,00	121,3	0,49	0,46
DESCONTÍNUA	155	1110	4,88	–	–	576	7,48	–	–	45	1,98	90	6,30	314	48,67	37,20	106,5	0,69	0,73
	180	1116	4,91	–	–	574	7,46	–	–	57	2,51	96	6,72	283	43,86	43,20	108,7	0,60	0,60
	210	1113	4,90	–	–	567	7,37	–	–	55	2,42	92	6,44	273	42,32	50,44	113,9	0,54	0,53
	250	1102	4,85	–	–	556	7,23	–	–	60	2,64	122	8,54	220	34,10	60,00	117,4	0,47	0,44

-se-á, entretanto, efectuar ensaios para determinação do seu coeficiente de permeabilidade.

— A qualidade das instalações de produção de inertes e betões, os meios previstos para o seu transporte e colocação em obra, as especificações impostas para o cimento e o assíduo controle que se tenciona levar a efeito durante a betonagem da barragem de Picote hão-de permitir, por certo, uma regularidade e um grau de industrialização do fabrico muito apreciáveis. Tendo em conta ainda as solicitações pouco severas a que ficará sujeito o betão, é legítimo admitir desde já a aplicação no corpo da barragem de Picote de uma forte percentagem de betão com a dosagem de 180 kgm^{-3}. Serão, no entanto, as condições reais da obra — traduzidas pela margem que as irá separar das condições de ensaio — a indicar quando e até que ponto devem ser reduzidas as dosagens de cimento.

QUADRO III

Betão para a barragem de Picote

Dosagem de 155 kgm^{-3}

CIMENTO «SÉCIL»						CIMENTO «LIZ»					
Slump cm	Ar no betão %	Tensão de rot. $kgcm^{-2}$				Slump cm	Ar no betão %	Tensão de rot. $kgcm^{-2}$			
		28 dias		84 dias				28 dias		84 dias	
		Indiv.	Média	Indiv.	Média			Indiv.	Média	Indiv.	Média
GRANULOMETRIA CONTÍNUA											
4,5	4,1	210 202 205	206	250 260 263	258	3,5	4,9	169 168 162	166	203 200 198	200
3,9	4,1	198 177 188	188	235 231 241	236	4,1	5,4	181 175 184	180	213 215 223	217
4,8	4,9	175 179 193	182	234 230 236	233	4,8	4,7	204 199 —	201	218 226 218	221
4,8	4,8	169 176 177	174	237 235 236	236	3,4	4,8	163 174 178	172	208 200 205	204
GRANULOMETRIA DESCONTÍNUA											
4,4	3,9	229 229 228	229	277 270 258	268	3,8	3,7	195 195 198	196	249 241 250	247
3,2	3,2	230 225 220	225	273 286 266	275	3,3	3,9	200 191 196	195	245 245 240	243
2,2	3,6	210 206 198	205	265 263 271	266	3,9	4,3	194 184 186	188	243 221 240	235
3,4	3,6	212 215 203	210	280 278 283	280	3,9	4,0	202 203 198	201	228 236 231	232
3,2	3,6	186 178 178	181	243 240 248	244						

QUADRO IV

Betão para a barragem de Picote

Dosagem de 180 kgm^{-3}

CIMENTO «SÉCIL»						CIMENTO «LIZ»					
Slump cm	Ar no betão %	Tensão de rot. kgcm^{-2}				Slump cm	Ar no betão %	Tensão de rot. kgcm^{-2}			
		28 dias		84 dias				28 dias		84 dias	
		Indiv.	Média	Indiv.	Média			Indiv.	Média	Indiv.	Média
GRANULOMETRIA CONTÍNUA											
3,8	4,1	281 278 284	281	318 319 330	322	2,8	4,6	209 215 212	212	287 275 273	278
3,6	4,5	278 270 265	271	351 334 355	347	2,8	4,5	253 251 256	254	285 279 277	280
3,5	4,7	255 245 250	250	322 300 306	309	3,3	4,8	269 263 259	264	265 266 273	268
3,9	4,2	263 265 265	264	324 321 333	326	2,7	4,7	251 244 236	244	250 289 257	265
GRANULOMETRIA DESCONTÍNUA											
4,8	4,1	291 287 296	291	355 366 376	366	2,7	3,6	253 257 264	258	306 313 331	317
2,2	3,5	306 291 309	302	361 350 370	360	2,9	3,6	257 245 250	251	311 310 314	312
2,9	3,7	259 255 253	256	334 331 333	333	2,4	3,9	246 238 248	244	304 300 308	304
3,2	3,9	269 266 281	272	333 367 350	340	3,1	3,9	261 273 271	268	320 309 324	318
3,1	3,7	241 236 256	244	313 317 335	321						

QUADRO V

Betão para a barragem de Picote

Dosagem de 210 kgm^{-3}

CIMENTO «SÉCIL»						CIMENTO «LIZ»					
Slump cm	Ar no betão %	Tensão de rot. kgcm^{-2}				Slump cm	Ar no betão %	Tensão de rot. kgcm^{-2}			
		28 dias		84 dias				28 dias		84 dias	
		Indiv.	Média	Indiv.	Média			Indiv.	Média	Indiv.	Média
GRANULOMETRIA CONTÍNUA											
3,9	3,7	305 300 308	304	359 351 365	358	3,8	4,5	278 269 269	272	312 310 316	313
4,8	4,2	320 303 325	316	388 373 375	379	2,8	4,0	281 287 286	285	314 303 309	309
4,9	3,8	316 311 296	308	326 338 333	332	3,3	4,0	296 301 294	297	313 306 311	310
4,2	4,0	325 331 331	329	375 371 378	375	2,5	4,2	280 260 253	264	310 314 311	312
GRANULOMETRIA DESCONTÍNUA											
4,1	3,3	310 314 314	313	426 418 404	416	3,7	3,7	299 296 303	299	346 356 363	355
4,1	3,4	342 331 329	334	408 398 404	403	3,2	3,4	321 301 311	311	378 364 373	372
4,0	3,2	294 301 297	297	377 377 388	378	3,0	3,4	289 303 310	300	363 364 365	364
4,7	3,5	285 285 297	289	367 360 355	361	3,6	3,6	315 325 323	321	358 346 339	348
4,7	3,2	283 269 284	279	365 356 356	359						

QUADRO VI

Betão para a barragem de Picote

Dosagem de 250 kgm^{-3}

CIMENTO «SÉCIL»						CIMENTO «LIZ»					
Slump cm	Ar no betão %	Tensão de rot. kgcm^{-2}				Slump cm	Ar no betão %	Tensão de rot. kgcm^{-2}			
		28 dias		84 dias				28 dias		84 dias	
		Indiv.	Média	Indiv.	Média			Indiv.	Média	Indiv.	Média
GRANULOMETRIA CONTÍNUA											
3,9	3,4	364 363 363	363	398 420 420	413	4,0	3,9	324 320 325	323	370 375 370	372
5,0	3,5	365 366 255	362	425 434 434	431	3,5	3,5	325 346 344	338	385 367 389	380
4,2	3,2	364 384 380	376	390 415 414	406	3,7	3,9	347 347 348	347	361 358 365	362
3,8	3,1	401 392 393	395	463 463 461	462	3,5	3,6	327 338 316	327	374 365 365	368
GRANULOMETRIA DESCONTÍNUA											
2,7	2,8	413 407 409	409	472 461 425	453	2,8	2,7	393 383 383	386	429 463 456	449
3,8	2,7	346 354 379	359	465 461 455	460	2,8	2,8	394 401 394	396	448 456 463	455
2,2	2,4	374 403 372	383	495 493 465	484	3,6	3,0	366 370 374	370	438 450 435	441
3,8	3,1	375 370 365	370	476 454 455	462	4,2	3,4	376 374 369	373	375 366 419	387
3,3	3,0	346 363 354	354	455 469 431	452						

III — O cimento. Especificações e controle

1. — O cimento é dos constituintes do betão que mais influenciam a sua qualidade e regularidade. Daí, constarem no caderno de encargos para o fornecimento do cimento destinado à barragem de Picote algumas especificações um tanto severas e ter-se posto a funcionar junto da Fábrica Liz — onde o cimento é produzido e de acordo com ela — uma *Brigada de Fiscalização do Cimento*, dependente da Fiscalização das Obras do Rio Douro, com a finalidade de proceder a ensaios sistemáticos de cimento antes da sua expedição para a obra.

Uma boa resistência do cimento é o factor essencial para o abaixamento da dosagem. Por outro lado, os ritmos elevados de colocação em obra e as espessuras relativamente importantes a betonar exigem que o cimento apresente um moderado calor de hidratação. As modificações de composição que este condicionamento impõe conduzem, normalmente, a um enfraquecimento da resistência nas primeiras idades; daí a exigência de maior finura na moagem do cimento,

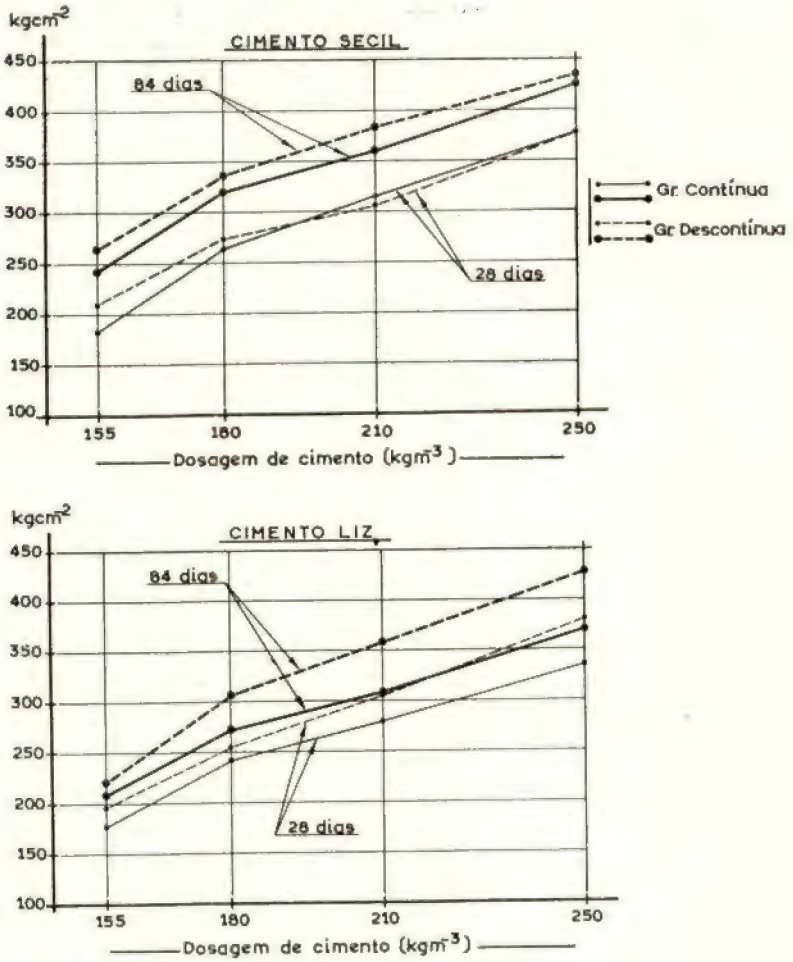


Fig. 2 — Estudo de Laboratório. Tensões de rotura à compressão de provetes cúbicos de 20 cm de aresta

o que se repercute apreciàvelmente no custo de fabrico.

Não foi ainda na barragem do Picote que pôde ter lugar a aplicação de cimento pozolânico. Na realidade, carecia-se ainda de um ensaio á escala natural com este tipo de cimento, para poder encarar tranquilamente o seu emprego. Espera-se ter oportunidade para efectuar tal ensaio durante a betonagem da barragem de Picote.

2. — São as seguintes as especificações (1) impostas para cimento destinado ao betão da barragem de Picote:

(1) Estas específicações foram redigidas nos princípios de 1955, muito antes, portanto, de ter sido publicado o novo Caderno de Encargos para o fornecimento e recepção do cimento Portland normal (Dec. n.º 40·870, de 22·11-956).

a) *Propriedades químicas*

Conforme o caderno de encargos de 28 de Agosto de 1930.

b) *Propriedades físicas*

início de presa, mínimo . . .	90 minut.
início de presa, máximo . . .	8 hor.
fim de presa, máximo	10 »
Expansibilidade, máx.	4 mm

Finura:

resíduo no peneiro de 4.900 malhas por cm², máx. . . .	6,5 %
superfície específica Wagner, mín.	1.600 cm^2g^{-1}
superfície específica Blaine, mín.	3.200 »

c) *Propriedades mecânicas:* em argamassas plásticas (Normas Suíças, SIA — 115)

à flexão, aos 7 dias, mín. . .	40	$kgcm^{-2}$
aos 28 dias, mín. .	50	»
à compressão, aos 7 dias, mín.	180	»
à compressão, aos 28 dias, mín.	280	»

Tolerância a título excepcional: — 10 %

d) *Calor de hidratação*

aos 3 dias, máx.	60	$calg^{-1}$
aos 7 dias, máx.	75	»

Tolerância a título excepcional: + 5 %

3. — Pela *Brigada de Fiscalização do Cimento* que funciona junto da Fábrica são colhidas amostras à saída do moinho (amostras de moagem) e na altura em que o cimento sai do silo para os contentores em que é transportado até à obra (amostras de carregamento).

Os resultados dos seguintes ensaios das amostras de moagem:

presa, expansibilidade, finura, resistência mecânica (7 dias) e *calor de hidratação* (3 dias)

são conhecidos antes de se proceder à descarga de cada silo.

Com o *Laboratório Nacional de Engenharia Civil* foi estabelecido um plano de envio periódico de amostras de moagem, não só para efectivação dos ensaios que a *Brigada* não efectua por não estar para isso equipada (análise química e calor de hidratação pelo método de dissolução), mas também para confirmação de resultados por ela obtidos.

No quadro VII estão indicados os resultados obtidos na *Brigada* e no *L. N. E. C.* com 38 amostras de moagem enviadas até meados de Maio.

Os resultados dos ensaios efectuados pela *Brigada* sobre amostras de moagem estão reunidos na fig. 3, podendo verificar-se a regularidade apreciável das características do cimento fornecido que — salvo muito raras excepções — tem satisfeito a todas as especificações impostas.

Os ensaios efectuados sobre as amostras de carregamento (em muito maior número que as de moagem, pois se colhe uma amostra por cada combóio expedido, correspondente a cerca de 180 t), confirmam igualmente a regularidade de características do cimento que está a ser aplicado no betão da barragem de Picote.

4. — O cimento é transportado desde a Fábrica Liz até à estação de Sendim — num percurso de 479 km — por caminho de ferro; desde Sendim até à obra—15 km — por camião. Para este transporte dispõe a Hidro Eléctrica do Douro de 48 contentores metálicos de 4 t e de 80 de 5 t. Na estação do Pocinho há que fazer o trasbordo destes contentores da via larga para a via estreita, para o que esta Sociedade executou, nesta estação, os necessários trabalhos para pôr em serviço um eficiente pórtico móvel. De instalação semelhante foi também dotada a estação de Sendim, onde os contentores são carregados para os camiões. Quatro combóios (2 na via larga e 2 na via estreita) estão afectos ao transporte do cimento.

As quantidades de cimento transportadas para o estaleiro até ao fim de Maio estão indicadas no quadro seguinte, donde consta também a amostragem efectuada:

Ano	Mês	Quantidades de cimento (t)		N.º de amostras colhidas e ensaiadas pela *Brigada*	
		Mensais	Acumuladas	Moagem	Carregam
1956	Julho	1.084	1.084	—	—
	Agosto. . .	2.518	3.602	3	7
	Setembro .	2.169	5.771	3	14
	Outubro .	2.622	8.393	5	21
	Novembro	6.152	14.545	7	44
	Dezembro	4.634	19.179	6	28
1957	Janeiro . . .	4.823	24.002	4	30
	Fevereiro .	4.591	28.593	6	28
	Março . . .	5.603	34.196	7	34
	Abril	4.942	39.138	7	50
	Maio	4.760	43.898	4	29
A *Brigada* só entrou em serviço em Agosto 56					

QUADRO VII

BARRAGEM DE PICOTE

Controle do cimento

Resultados obtidos nos ensaios de amostras enviadas ao L. N. E. C.

Amostras de moagem

(MLM)

AMOSTRA		PRESA AO AR (horas)		EXPANSIBILIDADE (mm)		FINURA				COMPOSIÇÃO QUÍMICA										
						Resíduo no peneiro de 4.900 malhas		Superf. específica (Blaine)												
N.º	Data da colheita	L. N. E. C.	Brigada	L. N. E. C.	Brigada	L. N. E. C.	Brigada	L. N. E. C.	Brigada	P. R.	R. I.	SiO^2	$O_3 Al_2$	$O_3 Fe_2$	OCa	OMg	SO_3	SC_3	SC_2	AC_3
1	15- 8-56	3,15	3,45	2,0	2,1	3,1	4,0	3.430	3.276	2,37	0,76	19,29	7,02	4,33	62,33	2.45	1,75	49	18	11
4	3- 9-56	3,10	3,45	1,8	1,8	3,3	5,5	3.310	3.364	2,79	0.33	19,03	6,57	4,37	62,48	2,34	1,55	55	13	10
5	9- 9-56	–	3,55	–	2,0	–	5,3	3.530	3.359	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	23- 9-56	3,15	4,35	1,9	1,6	5,4	5,1	3.330	3.264	2,30	0,48	18,56	6,65	4,48	63,48	2,22	1,85	60	8	10
7	5-10-56	3,00	3,25	1,6	1,6	2,8	4,3	3.750	3.836	3,43	0,41	18,48	6.51	4,52	62,55	2,24	2,00	58	9	10
8	11-10-56	–	3,50	–	2,0	–	6,2	3 220	3.214	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9	19-10-56	–	4,00	1,0	1.6	3,9	5,2	3 330	3.251	1,70	0,46	19,88	6,66	4,60	63,15	2,27	1,73	49	20	10
10	24-10-56	–	3,45	–	1,6	–	6,2	3.360	3.251	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11	26-10-56	–	4,10	–	1,5	–	5,5	3 470	3.495	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	4-11-56	–	3,15	–	1,8	4,6	4,8	3.110	3.180	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
13	7-11-56	3.30	3,30	2,2	1,6	4,2	4,6	3.250	3.190	2,18	0,35	19,89	6,64	4.33	62,98	2,44	1,27	51	19	10
14	10-11-56	–	3,15	–	1,5	–	4,2	3.210	3.162	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15	17-11-56	3,20	3,45	2,1	1,7	3,3	3,7	3.290	3.425	2,29	0,39	19,61	6,55	4,60	62,90	2,54	1,34	52	17	10
18	26-11-56	–	2,35	–	1,5	–	4,1	3 320	3.338	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20	6-12-56	–	4,35	2,0	1,8	4.4	4,5	3.140	3.098	1,61	0,35	19.78	6,78	4,26	63,18	2,56	1,15	52	18	11
21	9-12-56	4,41	4,10	2,0	1,8	3.4	3,8	3.310	3 293	1,93	0,53	19,56	6,64	4,45	63,18	2,51	1,23	54	16	10
22	18-12-56	–	3,35	–	1,9	–	5,0	3.180	3.132	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
23	27-12-56	–	4,30	–	1,8	–	4,1	3.200	3.201	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
24	29-12-56	–	3,00	–	1,6	–	3.9	3.230	3.151	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
25	5- 1-57	4,25	4,45	1,7	1,5	4,4	4,4	3.200	3.109	1,94	0,36	19,86	6,18	4,75	62,44	2,62	1.38	50	19	8
26	12- 1-57	–	4,20	–	1,4	–	3,8	3.190	3.143	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
27	18- 1-57	–	4,40	–	1,5	–	4,7	3 250	3.193	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
28	23- 1-57	–	3,50	–	1,7	–	3,4	3 380	3.364	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
30	4- 2-57	4,05	3,40	1,0	1,3	3,1	3 7	3.370	3.343	1,81	0,45	19,86	6,59	4,37	62,12	2,50	1,84	46	22	10
31	8- 2-57	–	4,05	–	1,5	–	3,8	3.280	3.212	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
32	11- 2-57	–	4,00	–	1,2	–	3,6	3.590	3.545	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
33	19- 2-57	–	4,10	–	1,4	–	3,9	3.560	3.456	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
35	2- 3-57	3,30	3,50	2,0	1,9	3,3	4,6	3.200	3.109	1,32	0,31	19,75	6,43	4.52	63,20	2,68	1,44	53	17	9
36	9- 3-57	–	3,20	–	1,6	–	3,9	3.290	3.286	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
37	11- 3-57	–	3,40	–	1,4	–	4,5	3.280	3.190	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
38	18- 3-57	–	3,50	–	1,3	–	4,5	3.250	3.104	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
42	4- 4-57	3,37	3,15	2,0	1,8	2,0	2,7	3.490	3.456	1,84	0,36	19,66	6,37	4,60	63,17	2,63	1,59	53	17	9
43	8- 4-57	–	3,25	–	1,5	–	3,2	3.230	3.186	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
44	13- 4-57	–	3,25	–	1,6	–	3.5	3 230	3.169	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
45	18- 4-57	–	3,10	–	1,2	–	2,3	3.500	3 474	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10
49	3- 5-57	4,17	4,05	1,0	1,8	3,0	3,9	3.290	3.186	1,60	0,15	19,99	6,70	4,64	63,05	2,49	1,37	49	20	–
50	11- 5-57	–	4,13	–	1,3	–	4,0	3.130	2.984	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
51	13- 5-57	–	4,18	–	1,3	–	4,6		2 909	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

AMOSTRA		C. DE HIDRATAÇÃO				RESISTÊNCIAS ($kgcm^{-2}$)							
		Método de dissolução		Garrafa Thermos		Tracção (por flexão)				Compressão			
N.º	Data da colheita	L. N. E. C.		Brigada		L. N. E C.		Brigada		L. N. E. C.		Brigada	
		3 d.	7 d.	3 d.	7 d.	7 d.	28 d.	7 d.	28 d.	7 d.	28 d.	7 d.	28 d.
1	15- 8-56	51	67	57	61	42	48	48	53	234	301	216	320
4	3- 9-56	51	64	57	62	40	47	44	56	221	278	217	329
5	9- 9-56	–	66	65	70	48	53	50	58	237	336	241	345
6	23- 9-56	53	66	64	66	41	52	45	50	229	276	221	314
7	5-10-56	56	66	57	59	47	55	46	55	220	294	209	312
8	11-10-56	–	68	64	66	47	56	43	55	216	326	207	341
9	19-10-56	52	78	61	63	47	59	43	55	220	324	224	356
10	24-10-56	–	64	58	60	46	62	41	57	223	352	202	331
11	26-10-56	–	69	58	61	42	57	40	54	204	336	203	347
12	4-11-56	–	66	58	62	41	50	41	56	198	262	195	349
13	7-11-56	51	67	59	68	37	52	36	54	180	290	169	348
14	10-11-56	–	67	63	67	42	59	39	56	176	323	184	365
15	17-11-56	67	67	60	66	41	52	37	53	196	293	198	346
18	26-11-56	–	66	54	59	40	53	40	54	192	292	203	362
20	6-12-56	51	71	55	60	40	61	38	54	184	329	185	362
21	9-12-56	50	66	58	62	42	51	39	56	195	284	209	370
22	18-12-56	–	69	58	62	36	52	40	55	189	298	217	350
23	27-12-56	–	71	51	57	38	51	40	53	190	296	204	349
24	29-12-56	–	66	49	52	33	52	39	53	172	270	187	329
25	5- 1-57	48	67	51	57	42	56	38	52	209	305	188	316
26	12- 1-57	–	68	57	60	43	59	39	53	190	300	181	324
27	18- 1-57	–	70	52	55	41	55	40	54	190	310	187	338
28	23- 1-57	–	70	57	60	44	51	42	58	206	309	208	327
30	4- 2-57	53	68	52	54	48	63	44	55	220	311	225	333
31	8- 2-57	–	68	57	58	51	65	34	57	220	317	215	331
32	11- 2-57	–	70	55	59	42	54	46	53	208	320	230	352
33	19- 2-57	–	66	51	54	48	58	45	57	250	309	235	326
35	2- 3-57	57	68	64	68	48	61	45	54	230	346	216	334
36	9- 3-57	–	70	56	58	44	57	46	54	201	334	221	324
37	11- 3-57	–	73	58	61	43	56	43	53	194	325	207	330
38	18- 3-57	–	73	58	63	43	56	44	57	198	290	198	336
42	4- 4-57	55	71	55	–	49	62	43	56	221	335	208	317
43	8- 4-57	–	74	57	60	41	54	45	55	204	320	214	319
44	13- 4-57	–	71	50	54	45	57	43	53	208	308	199	334
45	18- 4-57	–	69	55	–	43	61	45	57	203	302	202	319
49	3- 5-57	48	70	56	60	45		39	55	203		182	
50	11- 5-57	–	71	57	60	44		39		203		171	
51	13- 5-57	–		57	63			38				166	

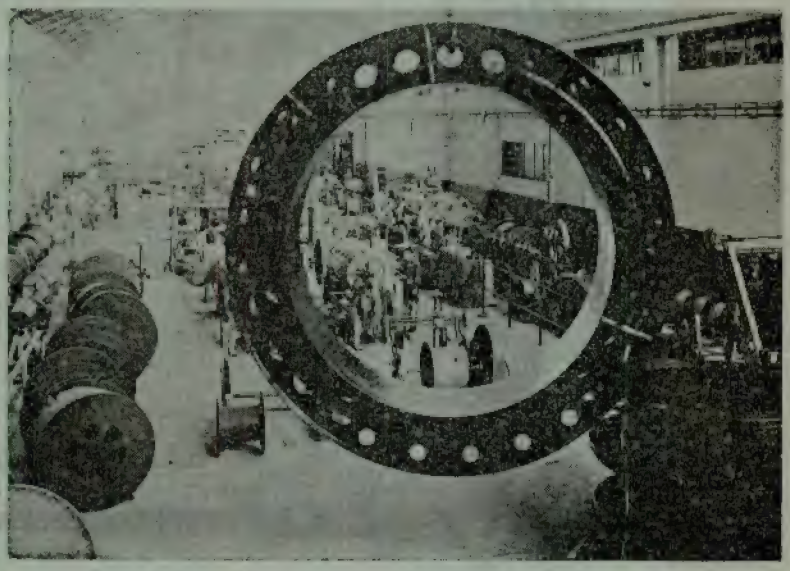
Cabos Armados e Telefónicos, L.da

Fábrica: Venda Nova — Amadora

Administração e Serviços Comerciais

Rua dos Duques de Bragança, 9 — LISBOA

Telef. 21978 — 28912 — 32616 — Teleg. «Cabos»



SAINT-GOBAIN

SAINT-GOBAIN

CLORETO DE POLIVINIL :

GOBINYLE resinas puras
LUCOLENE pós para moldação
LUCANOL colódios vinílicos
LUCOFLEX placas e barras rígidas

SILICONES

da S.I.S.S, fluidos, compostos, gorduras, vernizes e resinas.

PRODUTOS ORGÂNICOS :

Anidrido ftálico.
Acidos maleico, fumárico, sucínico, málico.
Sucinamida.
Diciandiamida.

AGENTE DE VENDAS :

SANTOS, MOUTA, LIMITADA

Praça do Municipio 267-5º
PORTO (tele 20895)

Rua do Instituto Industrial 18-3º
LISBOA (telef. 663196/667534)

O. P. G. Paris 6046-10-57

SAINT-GOBAIN

1bis, Place des Saussaies, PARIS-8e

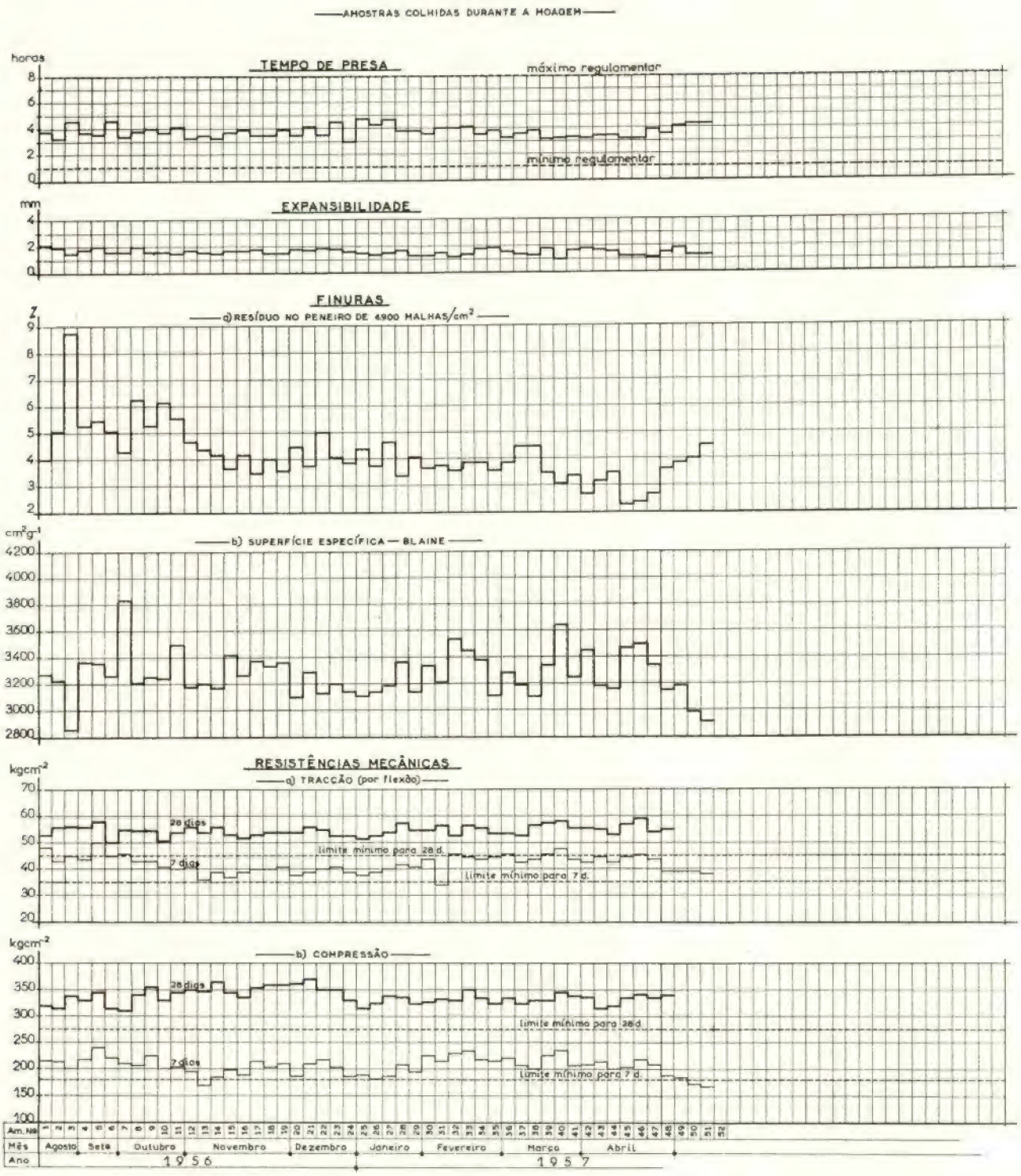


Fig. 3 — Ensaios efectuados na Fábrica Lis pela Brigada de Fiscalização de Cimento para a Barragem de Picote

IV — O controle do betão. Resultados já obtidos

1. — A betonagem da barragem de Picote foi iniciada nos últimos dias de Agosto do ano passado, com um atrazo de perto de 3 meses em relação ao programa geral previsto. Foi este atrazo devido, em grande parte, ao excepcional regime hidrológico do rio Douro no inverno e na primavera daquele ano, com caudais que excederam, durante meses, os 1.300 $m3s^{-1}$ para que foi dimensionada a derivação provisória do rio. Apesar do apreciável esforço feito, quer pela Hidro Eléctrica do Douro, quer pela empresa adjudicatária das obras do aproveitamento (Sociedade de Construções Eteli-Opca, Ld.ª), não poude ainda tal atrazo ser totalmente recuperado. Mantém, no entanto, a concessionária o propósito de ter concluída a barragem a tempo de, até ao fim do corrente ano, poder iniciar a exploração do aproveitamento de Picote.

2. — Os agregados para fabrico do betão são obtidos por britagem de granito são, provenientes das escavações da barragem e das obras subterrâneas. Prevendo-se a insuficiência do material desta origem, foi iniciada a exploração de uma pedreira.

Os inertes são lavados e classificados nas seguintes categorias:

Britas (mm) 150/75 - 75/38 - 38/19 - 19/10 - 10/5
Areias (mm) 0/2,5 - 2,5/5.

A instalação de britagem é capaz de uma produção de 200 t/hora.

O betão é fabricado em duas torres de betonagem, cada uma delas equipada com 2 betoneiras, sendo de 60 m^3 a produção máxima horária de cada torre. Para o transporte do betão das betoneiras aos baldes, de 3 m^3 de capacidade, são utilizados camiões tipo «dumper». 4 blondins de 10 t conduzem os baldes até ao local da aplicação, onde a compactação do betão se faz por pervibradores eléctricos de 10.000 r. p. m., com agulha de 95 mm de diâmetro.

O cimento é armazenado em 6 silos metálicos com a capacidade unitária de 500 t.

Está a ser feito o arrefecimento artificial do betão, por meio de água fria, obtida em instalação própria, que percorre serpentinas de tubos de ferro de 1" embebidos e perdidos na massa da barragem.

3. — As curvas granulométricas dos betões aplicados na barragem foram estabelecidas após o estudo laboratorial já descrito, e em devido tempo comunicadas para a obra depois de se haverem ajustado à classificação das britas na instalação, diferente da do laboratório, onde se utilizaram as classes:

5/15 — 15/30 — 30/75 — 75/150

Esta classificação, além de seriar suficientemente as britas, permitindo ajustá-las a qualquer granulometria contínua, apresenta a vantagem de se adaptar bem à granulometria descontínua. Com efeito, uma descontinuidade na brita conseguida com os patamares *5/15* mm e *30/75* mm está de acordo com os cânones da composição descontínua e tem no laboratório e na prática (obras de Salamonde e Caniçada) plena confirmação.

A classificação da brita, nas 5 categorias já indicadas:

5/10 - 10/19 - 19/38 - 38/75 - 75/150

não se presta bem ao estabelecimento das composições descontínuas. Uma destas poderia ser obtida pela eliminação das categorias:

5/10 - 19/38 - 38/75

aplicando-se sòmente as 2 classes:

10/19 - 75/150.

Tem de reconhecer-se, porém, que a brita 10/19 mm é demasiado fina, pelo que o acréscimo de água que exige para a sua molhagem reduz bastante a vantagem da descontinuidade.

Não se reconheceu necessária, por ora, a adopção de uma granulometria descontínua, razão por que a classificação existente se tem mostrado satisfatória.

Feito o ajustamento às classes de inertes disponíveis na obra, foi indicada a seguinte curva granulométrica teórica:

Classes mm	% %	
	Individ.	Retidas
75/150	32	32
38/75	20	52
19/38	13	65
10/19	9	74
5/10	5	79
Areia (0/5)	21	100

Ao mesmo tempo indicaram-se as quantidades de inertes de cada classe a dosear por amassadura (de 1,35 m^3), tendo em conta a sua granulometria individual.

Prova a experiência que flutuações apreciáveis na granulometria da brita não têm influência sensível na qualidade do betão. Importa porém, no caso presente, que a percentagem de brita em relação ao total dos inertes varie entre limites estreitos:

$$79\ \% \pm 2\ \%$$

Limites mais apertados são no entanto exigidos para a areia, pois se estabeleceram composições em que um dos critérios seguidos no estudo laboratorial foi o de *mínimo de areia* para assegurar boa trabalhabilidade e pleno enchimento.

O seu módulo de finura, função da dosagem do cimento, deve assegurar um teor de finos suficiente.

A areia é classificada nas 2 categorias seguintes:

2,5/5 e 0/2,5

Com a dosagem de 200 kgm^{-3} reconheceu-se que não deveria continuar a aplicar-se areia grossa (2,5/5), pois o módulo de finura da areia final, utilizando apenas areia fina (0/2,5), era da ordem de 2,95.

Está em curso, no crivo de barras longitudinais por onde passa a areia 0/2,5, uma modificação no sentido de se obter uma areia mais fina.

4. — Para o controle da granulometria do betão são efectuadas análises granulométricas sistemáticas, quer de cada classe ensilada, quer do conjunto de uma amassadura seca (sem cimento).

As primeiras análises permitem estabelecer as percentagens de infra-tamanhos e de supra-tamanhos dentro de cada classe e, em consequência, transmitir para a torre de fabrico as instruções necessárias.

Como a colheita das amostras a ensaiar é feita na torre de betonagem, onde se efectua a sua prévia pesagem na balança afecta à respectiva classe de agregado, proporciona-se, assim, oportunidade para verificar também o funcionamento daquelas balanças.

A análise granulométrica da areia é feita diàriamente

De cada classe de brita faz-se uma análise semanalmente.

As análises de amassaduras secas indicam a granulometria efectivamente aplicada, a percentagem e a composição da areia. Constituem um controle do funcionamento conjunto das balanças e permitem acertar os pesos dos inertes para atender ao seu grau de humidade. Faz-se, pelo menos, uma análise destas por semana.

No quadro seguinte indicam-se as granulometrias limites encontradas nas amassaduras secas correspondentes ao betão que até há pouco foi aplicado, com a dosagem de 195 kgm^{-3}.

Classes mm	Percentagens, por classes, das diferentes granulometrias			
	Limites		Média	Prevista
175/72	37	28	33	32
75/38	17	17	18	20
33/38	13	15	13	13
19/10	8	11	10	9
10/4,8	5	7	5	5
Areia 4,8/0	20	22	21	21
Totais	100	100	100	100

A representação gráfica das granulometrias limites e médias do conjunto dos inertes e da areia está feita na fig. 4.

Reconhece-se bem a regularidade que se tem obtido, assim como a aproximação com a granulometria prevista.

5. — À dosagem de cimento de 250 kgm^{-3} inicialmente aplicada, seguiu-se pouco tempo depois a de 225, empregada durante cerca de 2 meses. Sucessivas reduções para 210 — 200 e

195 kgm^{-3} foram praticadas respectivamente na última semana dos meses de Novembro, Fevereiro e Março, à medida que se obtinham e eram analisados os resultados de controle do betão. Em meados do passado mês de Maio, nova redução teve lugar, estando agora a aplicar-se betão de 180 kgm^{-3} no corpo da barragem. Numa faixa de cerca de 3 m, junto do paramento de montante, mantém-se a dosagem de 250 kgm^{-3}.

Continua, mesmo com esta baixa dosagem de cimento, bem assegurada a trabalhabilidade do betão em obra, facilitada com a adição — feita automàticamente na torre de betonagem — de um agente inclusor de ar.

A percentagem de ar no betão fresco é sistemàticamente verificada. Procura-se mantê-la entre 4 % e 5 % do volume do betão crivado pela malha de 38 mm, o que corresponde a percentagens entre 2 % e 3 % referidas ao betão aplicado.

O controle da consistência do betão — e, em certa medida, o da quantidade de água de amassadura — é feito pelo cone de Abrams, medindo-se periòdicamente o «slump» junto da torre de fabrico e no local de aplicação do betão. Tem-se verificado uma considerável irregularidade dos «slumps» medidos. Aprecie-se, por exemplo, a fig. 5 onde estão indicados os valores dos «slumps» medidos junto da torre de fabrico, na altura da moldagem de provetes para ensaio. Razão importante desta irregularidade reside no facto de a areia ser aplicada com teores de humidade bastante variáveis (7 % e 17 %, foram os limites encontrados durante o passado mês de Abril) que não é possível, na torre de fabrico, ter devidamente em conta ao dosear a água de amassadura.

Deve frizar-se porém que as repercussões na resistência do betão resultantes de flutuações de consistência devidas ao facto indicado (variações do teor de humidade da areia) são menos acentuadas que as resultantes de um doseamento irregular da água de amassadura, mantendo os inertes teor de humidade constante. Na fig. 6 procurou estabelecer-se a correlação *slump-resistência* para betões de 225 kgm^{-3} e 210 kgm^{-3}. As nuvens de pontos obtidas tendem a enquadrar-se em faixas cuja orientação confirma que, no caso de Picote, é relativamente pouco acentuada a quebra de resistência quando aumenta o valor do «slump».

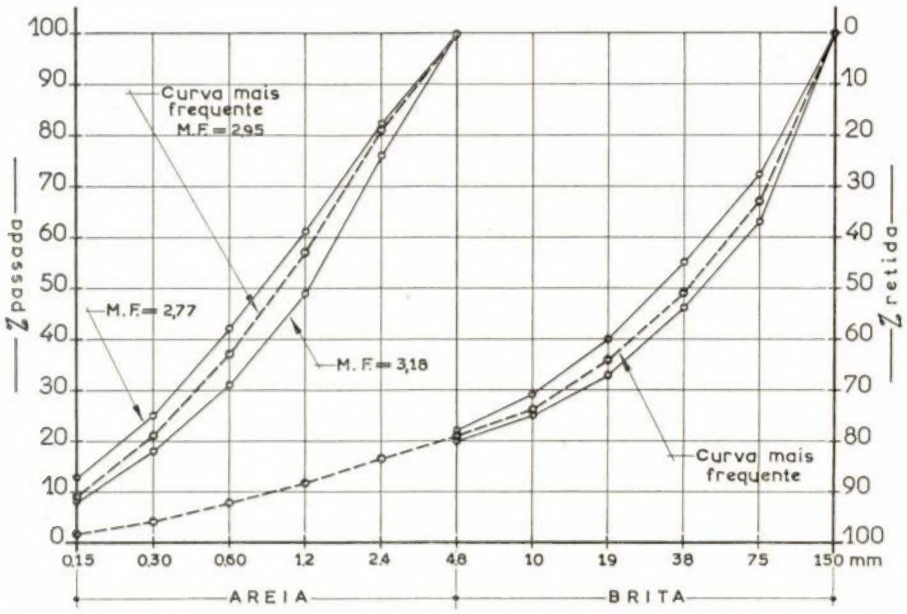


Fig. 4 — Granulometria dos agregados do betão de 195 kg.m^{-3}. Curvas limites e médias obtidas nas análises granulométricas de 9 amassaduras secas

6. — A regularidade que tem sido atingida no fabrico dos betões da barragem de Picote, assim como as elevadas tensões de rotura obtidas nos provetes moldados em obra está traduzida na fig. 5, onde se indicam gràficamente os resulta-

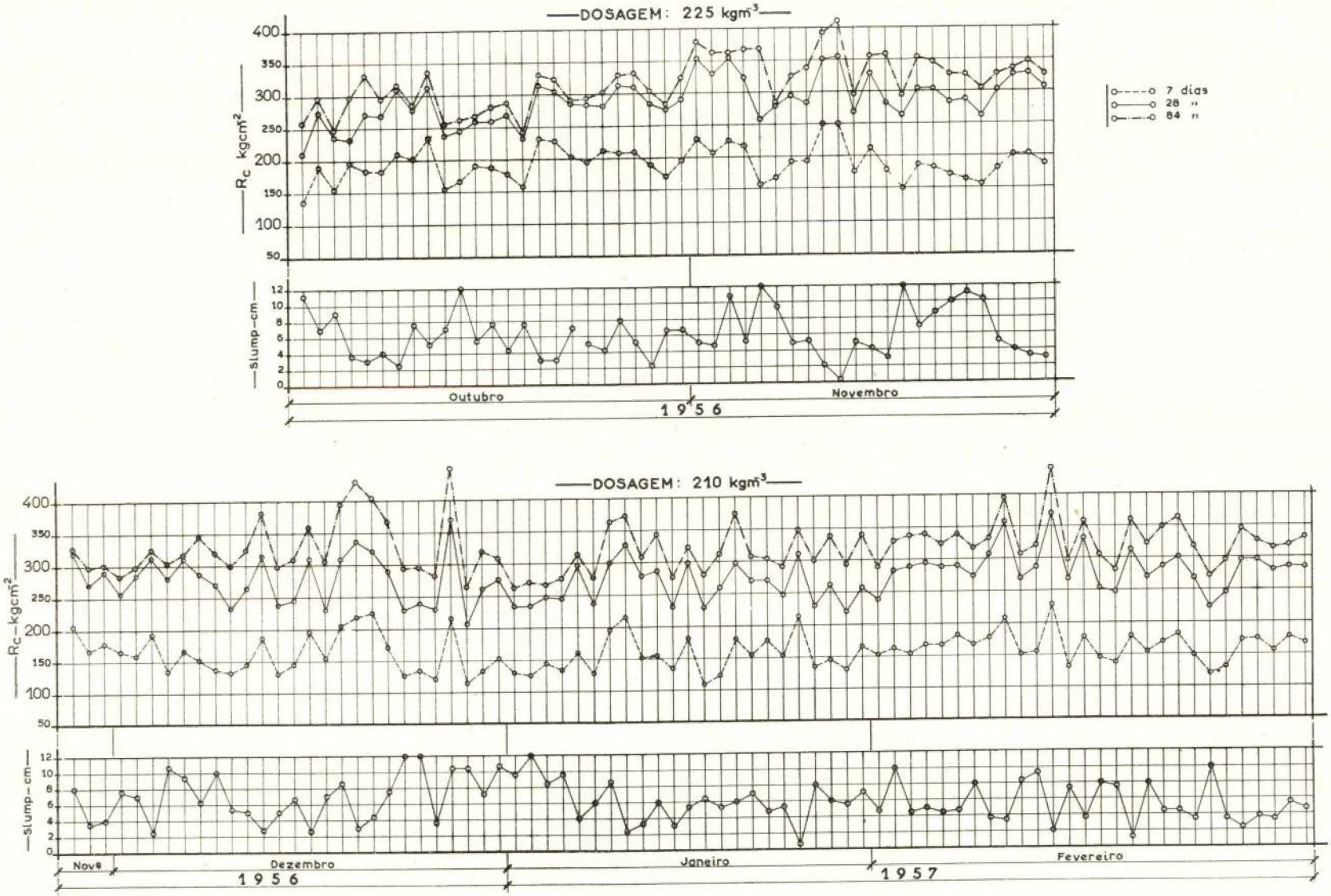


Fig. 5 — Ensaios em provetes cúbicos de 20 cm de aresta, moldados com betão crivado pela malha de 1 $^1/_2$" (38 mm)

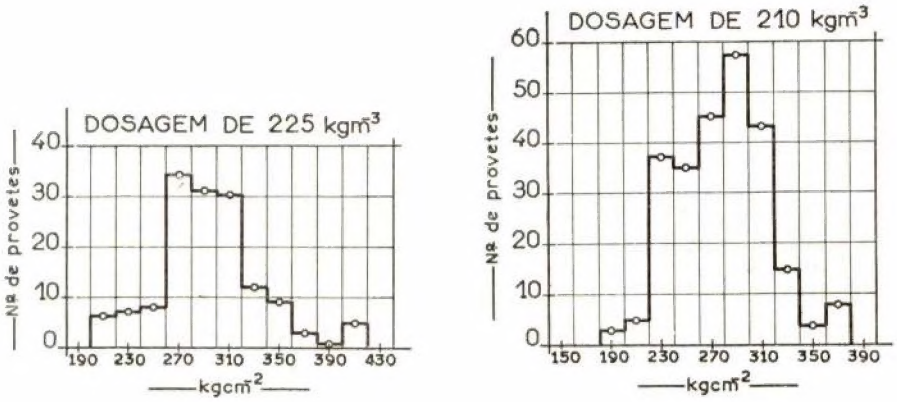


Fig. 6 — Curvas de frequência das tensões de rotura à compressão (28 dias)

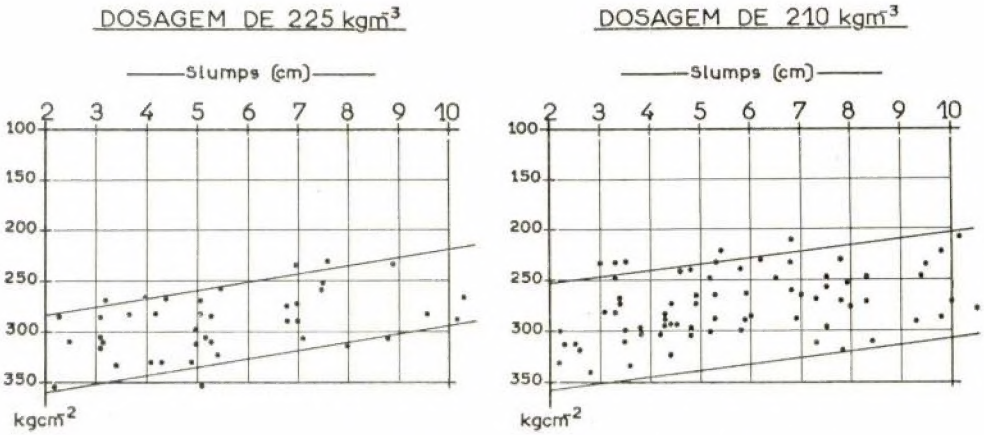


Fig. 7 — Correlação slump-tensões de rotura à compressão (28 dias)

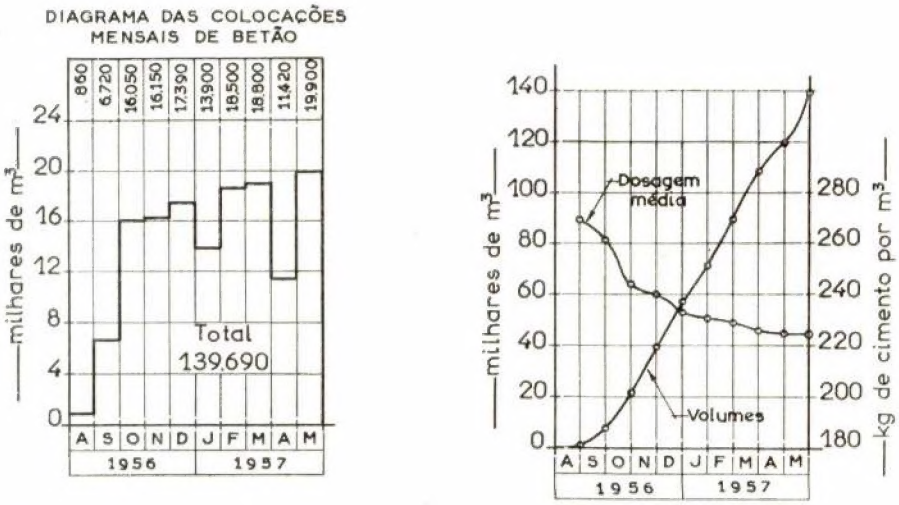


Fig. 8 — Elementos sobre a betonagem da Barragem de Picote até fim de Maio de 1957